UNIVERSITATEA AGRARĂ DE STAT DIN MOLDOVA

Cu titlu de manuscris C.Z.U.:631.331.81

GHEORGHIȚA ANDREI

SPORIREA EFICACITĂȚII FUNCȚIONĂRII SISTEMULUI DE DISTRIBUȚIE AL SEMĂNĂTOAREI PENTRU CULTURI **CEREALIERE**

255.01 TEHNOLOGII ȘI MIJLOACE TEHNICE PENTRU AGRICULTURĂ ȘI DEZVOLTARE RURALĂ

Teză de doctor în științe tehnice

Conducător științific:

dr hel

dr. hab., prof. univ.

Autorul:

A. The Gheorghița Andrei

CHIŞINĂU, 2021

© Gheorghița Andrei, 2021

ADNOTARE4			
ANNOTATION5			
АННОТАЦИЯ6			
LISTA ABREVIERILOR7			
INTRODUCERE			
1	ANALIZA SITUAȚIEI ACTUALE PRIVIND SISTEMELE DE DISTRIBUȚIE	12	
	1.1 Dispozitive de dozare volumetrică a semințelor	13	
	1.2 Dispozitive de transportare și distribuire a fluxului de semințe	18	
	1.3 Clasificarea sistemelor de distribuție ale mașinilor de semănat	24	
	1.4 Căile de perfecționare a construcției dispozitivelor de dozare	26	
	1.5 Concluzii	29	
2	CERCETĂRI TEORETICE PRIVIND ELABORAREA SISTEMULUI	DE	
		30	
	2.1 Analiza mișcării semințelor la evacuarea din dispozitivul de dozare	30	
	2.2 Analiza mişcarii seminţelor în dispozitivul de transportare	34	
-	2.3 Concluzii	66	
3	METODOLOGIA CERCETARILOR EXPERIMENTALE	67	
	3.1 Aparate, dispozitive și programe utilizate	6/	
	3.2 Standul experimental de testare	13 75	
	3.3 Instalația experimentala asistată de calculator	5/	
	3.4 Instalația experimentala pentru canalul cu sol	82	
	3.5 Semanatoarea experimentala utilizata la electuarea cercetarilor in condiții de camp	8/	
4	ANALIZA REZULTATELOR CERCETARILOR EXPERIMENTALE	92	
	4.1 Rezultatele cercetarilor experimentale de laborator	92	
	4.2 Rezultatele cercetarilor in camp	109	
	4.5 Argumentarea parametrilor constructivi ai sistemului de distribuție	110	
ſ	4.4 Concluzii	119	
D	CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDARI		
BIBLIOGRAFIE			
Anexa A.1. Rezultatele cercelarilor			
A	Anexa A.2. Efficacitatea economica		
Г	Anexa A.J. Drevet de invenție și acte de implementare		
ſ	CURRICHI IM VITAF		

CUPRINS

ADNOTARE

GHEORGHIȚA Andrei. "Sporirea eficacității funcționării sistemului de distribuție al semănătoarei pentru culturi cerealiere". Teză de doctor în științe tehnice. Chișinău, 2021.

Structura tezei: introducere, patru capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 112 titluri, 3 anexe, 122 pagini de text de bază, 148 figuri și 21 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 6 lucrări științifice și 1 brevet de invenție.

Cuvinte-cheie: semănat; mașină pentru semănat; aparat de dozare de tip cilindru canelat; sistem de transportare; uniformitate de repartizare; sistem de distribuție.

Scopul lucrării: îmbunătățirea indicatorilor tehnologici ai calității semănatului culturilor cerealiere prin optimizarea parametrilor constructivi-funcționali a sistemului de distribuție a semințelor la mașinile pentru semănat culturi cerealiere.

Obiectivele cercetării: sinteza informației privind sporirea eficacității funcționării sistemului de distribuție al mașinilor pentru semănatul culturilor cerealiere și căile perfecționării; cercetarea teoretico-experimentală, asistată de calculator, a procesului de dozare, distribuție și transportare a semințelor în baza modelului 3D elaborat; elaborarea bazelor teoretice ale procesului de funcționare a sistemului de dozare și transportare a semințelor spre locul de încorporare; elaborarea, în baza cercetărilor teoretice, a mostrelor experimentale și efectuarea încercărilor de stand în laborator, în canalul cu sol și în condiții de producție, cu evaluarea capacităților funcționale și a indicilor agrotehnici impuși; argumentarea parametrilor și regimurilor de funcționare ale sistemului de distribuție și transportare a semințelor în baza rezultatelor obținute.

Noutatea și originalitatea științifică: a fost elaborată teoria și construcția sistemului pneumomecanic de dozare și transportare a semințelor, au fost stabilite valorile parametrilor constructivi și tehnologici optimali a sistemului și a fost stabilit modelul matematic de regresie coeficientului de variație a distribuției semințelor de-a lungul rândului.

Rezultatele obținute: utilizarea sistemului de distribuție experimental în componența mașinilor pentru semănat culturi cerealiere a permis micșorarea coeficientului de variație a distanței dintre semințe, la repartizarea de-a lungul rândului, până la 39,22% și majorarea vitezei de lucru a agregatului până la 12 km/h.

Semnificația teoretică: argumentarea bazelor teoretice pentru determinarea parametrilor optimali ai dispozitivelor de dozare și transportare din componența sistemelor de distribuție ale mașinilor de semănat.

Valoarea aplicativă: rezultatele cercetării servesc ca bază pentru elaborarea construcției și justificării parametrilor optimi ai sistemului de dozare și transportare pneumomecanic. Acestea pot fi utilizate pentru modernizarea mașinilor de semănat existente, dar și la proiectarea aparatelor noi, care să funcționeze la viteze de lucru sporite contribuind la sporirea recoltei cu 9,91%.

Implementarea rezultatelor științifice: rezultatele cercetărilor au fost implementate în SDE "Petricani" a UASM, precum și SRL "Vadalex-Agro", SA "ATC-Agrotehcomerț".

ANNOTATION

GHEORGHITA Andrei. "Increasing operational efficiency of the seeder distribution system for cereal crops". The doctor's thesis in technics. Chisinau, 2021.

Thesis structure: introduction, four chapters, general conclusions and recommendations, bibliography from 112 titles, 3 annexes, 122 pages of essential text, 148 figures and 21 tables. The obtained results are published in 6 scientific works and 1 patent.

Key-words: sowing; sowing machine; fluted roller type dosing device; transportation system; uniformity of distribution; distribution system.

Purpose of thesis: improving the technological indicators of cereal crops sowing quality by optimizing the constructive-functional parameters of the seed distribution system for cereal sowing machines.

The objectives of the thesis: summary of information on increasing the distribution system efficiency of cereal crops sowing machines, classification, ways of improvement; theoretical-experimental, computer-assisted research of dosing process, distribution and transportation of seeds based on the developed 3D model; elaboration of operation process theoretical bases of the seed dosing and transport system towards the incorporation place; elaboration, based on theoretical research, of the experimental samples and carrying out laboratory tests on stand, in the soil channel and in the production conditions, with the evaluation of the functional capacities and imposed agrotechnical indices; arguing the parameters and operating regimes of seed distribution and transport system based on obtained results.

The scientific novelty and originality: consist in the theory elaboration and design of pneumomechanical system for seed dosing and transportation, the values of the optimal constructive and technological parameters of the system were established and establishing the mathematical regression model of the variation coefficient of seed distribution along the row.

Results: the use of experimental distribution system in the composition of cereal seed drills allowed to reduce the coefficient of variation of distance between seeds, when distributing along the row, down to 39.22% and increase the working speed of the aggregate up to 12 km/h.

The theoretical significance: consists in argumentation of the theoretical bases for determining the optimal parameters of the dosing and transportation devices from the distribution systems of the sowing machines.

The applicative value: the research results served as a basis for design elaboration and justification of the optimal parameters of the pneumomechanical dosing and transportation system. They can be used to modernize existing drilling machines and new one's design, which operate at increased working speeds which will increase the crop by 9.91%.

Implementation of scientific results: the research results were implemented in EDS "Petricani", as well as LTD "Vadalex-Agro" and JSC "ATC-Agrotehcomerț".

АННОТАЦИЯ

ГЕОРГИЦА Андрей. «Повышение эффективности работы системы распределения сеялки для зерновых культур». Диссертация на соискание степени доктора технических наук. Кишинёв, 2021.

Структура диссертации: введение, четыре главы, общие выводы и рекомендации, библиография, содержащая 112 литературных источников, 3 приложения, 122 страницы основного текста, 148 рисунков и 21 таблица. По результатам исследований опубликованы 6 научных работ и получен 1 патент на изобретение.

Ключевые-слова: посев; посевная машина; дозирующий аппарат катушечного типа; транспортирующая система; равномерность распределения; распределительная система.

Цель диссертации: повышение технологических показателей качества посева зерновых культур за счет оптимизации конструктивно-функциональных параметров высевной системы дозирования и распределения семян зерновых сеялок.

Задачи диссертации: анализ информации по повышению эффективности системы распределения машин для посева зерновых культур, классификация, пути улучшения; теоретикоэкспериментальное компьютерное исследование процесса дозирования, улучшение распределения и транспортировки семян на основе разработанной 3D модели; разработка теоретических основ работы системы дозирования и транспортировки семян к месту заделки; разработка на основе теоретических исследований экспериментальных образцов и проведение лабораторных исследований на стенде в почвенном канале и в производственных условиях с оценкой функциональных возможностей установленных агротехнических показателей; обоснование параметров и режимов работы высевной системы дозирования, транспортировки и распределения семян вдоль ряда на основе полученных результатов.

Новизна и научная оригинальность: разработана теория и конструкция пневмомеханической системы дозирования и транспортировки семян, определены оптимальные значения конструктивных и технологических параметров системы, а также выведена математическая регрессионная модель коэффициента вариации распределения семян вдоль ряда при посеве.

Полученные результаты: использование экспериментальной высевной системы распределения в конструкции зерновых сеялок позволяет снизить коэффициент вариации расстояния между семенами, при распределении вдоль ряда, до 39,22% и увеличить рабочую скорость работы агрегата до 12 км/ч.

Теоретическая значимость: обоснование теоретических основ определения оптимальных параметров дозирующих и транспортирующих устройств в составе высевной системы распределения семян для посевных машин.

Прикладная ценность: результаты исследований послужили основой для разработки конструкции и обоснования оптимальных параметров высевной дозирующей системы пневмомеханического типа и могут быть использованы при модернизации существующих и проектировании новых посевных машин, которые работают на повышенных рабочих скоростях движения, что обеспечивает прибавку урожая на 9,91%.

Внедрение научных результатов: результаты исследований внедрены в Учебно-Опытном Хозяйстве «Petricani» ГАУМ, ООО «Vadalex-Агро» и АО «ATC-Agrotehcomerț».

6

LISTA ABREVIERILOR

ABS	Acrylonitril Butadein Stiren
ANOVA	Analiza Variației (Analysis of variance)
CAD	Proiectare asistată de calculator (Computer-aided design)
CCD	Desingn Central (Composite Design)
CFD	Calculul Dinamicii Fluidelor (Computational Fluid Dynamics)
DS	Sisteme Dassault (Dassault Systems)
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
LSD	cea mai mică diferență semnificativă (Least significant difference)
PWM	modularea lățimii pulsului (Pulse Width Modulation)
RSM	suprafața de răspuns (Response surface method)
STL	limbaj standard de triangulare (Standard Triangulation Language)
3D	tridimensional
Sli	aria suprafeței de lucru
Slci	aria suprafeței de lucru a canelurii
Slsai	aria suprafeței de lucru a stratului activ
A_a	amplitudinea absolută
a elic	unghiul elicoidal față de linia axială a cilindrului
arc	unghiul de răsucire a canelurilor
L _{lc}	lungimea de lucru a cilindrului canelat
A_{asl}	amplitudinea absolută a ariilor suprafețelor de lucru
Slmax	aria suprafeței de lucru maximală
Slmin	aria suprafeței de lucru minimală
Ss	aria secțiunii maestre a seminței
S	unghiul de lucru al liniei de tăiere a părții capătului posterior al clapetei
Ulci	mobile
L _{conv}	lungimea necesară pentru convertirea fluxului de semințe
Ds _s	diametrul secțiunii maestre a seminței
S_{f}	aria secțiunii transversale a fluxului
Cv	coeficient de variație

INTRODUCERE

Agricultura este una dintre ramurile importante ale economiei țării noastre. Modernizarea și restructurarea treptată a sectorului agroindustrial necesită o atenție sporită, fiind unul dintre domeniile prioritare de dezvoltare durabilă a complexului agroalimentar al Republicii Moldova.

Semănatul este un procedeu agrotehnic care constă în repartizarea semințelor în stratul superior al solului, creând condiții optime pentru încolțirea lor și dezvoltarea plantelor. Una dintre condițiile extrem de importante este desimea plantelor, care determină suprafața de nutriție a unei singure plante [1,2,3,4,5,6].

Una dintre metodele eficiente de sporire a productivității muncii în agricultură este intensificarea proceselor tehnologice, în special majorarea vitezei de lucru a agregatelor, inclusiv a celor de semănat [7,8,9]. Majorarea vitezei de semănat este limitată de construcția sistemelor de distribuție pentru semănatul culturilor cerealiere, răsfrângându-se în mod considerabil asupra cheltuielilor pentru producția culturilor, termenelor agrotehnice și asupra recoltei [10,11,6].

Mașinile pentru semănat culturi cerealiere sunt dotate cu sisteme de distribuție care dozează masa semințelor transportate spre organele de încorporare sub influența greutății proprii. Sistemul de distribuție, ca organ principal de lucru al semănătorii, îndeplinește rolul unor organe de dozare [12,13,14,15], evacuând (preluând) cantități determinate de semințe într-o unitate de timp, și de transportare a lor către locul încorporării în sol. Ele trebuie să îndeplinească următoarele cerințe agrotehnice: să dozeze uniform semințele pe rând și pe lățimea de lucru, să asigure un debit de semințe stabil, indiferent de relieful câmpului, înclinația mașinii de semănat sau viteza de înaintare, și să nu vatăme semințele [15,16,17].

În opinia noastră, problema dată poate fi soluționată prin orientarea canelurilor sub un unghi de răsucire a canelurilor cilindrului canelat și prin transportarea forțată a semințelor spre organele de încorporare cu flux de aer [1,18,19,12].

Actualitatea și importanța temei abordate. Tema tezei de doctorat se înscrie în prevederile *Strategiei de Dezvoltare a Agriculturii și Mediului Rural din Moldova 2014–2020* și corespunde *direcției strategice din sfera științei și inovării pentru anii 2013–2020: materiale, tehnologii și produse inovative.*

Actualmente, indicii calitativi de funcționare a sistemului de distribuție nu satisfac cerințele agrotehnice, întrucât diferența distribuirii semințelor de către aparatele semănătorii variază cu o abatere de $\pm 10-20\%$ de la norma stabilită. În același timp, dozarea semințelor de către fiecare canelură este neuniformă, creându-se un flux nestabil de semințe distribuite în tubul de conducere. Totodată, majorarea vitezei de lucru duce la instabilitatea fluxului de semințe dozate și

transportate, datorită construcției și regimurilor de funcționare. Din acest motiv, sistemul de distribuție prezintă un interes sporit pentru cercetare, iar modernizarea acestuia va permite reducerea variației distanței dintre semințe pe suprafața repartizării și va asigura uniformitatea semințelor de-a lungul rigolei la viteze de lucru majorate.

Scopul tezei: îmbunătățirea indicatorilor tehnologici ai calității semănatului culturilor cerealiere prin optimizarea parametrilor constructivi-funcționali a sistemului de distribuție a semințelor la mașinile de semănat culturi cerealiere.

Obiectivele cercetării:

- sinteza informației privind sporirea eficacității funcționării sistemului de distribuție al mașinilor pentru semănatul culturilor cerealiere, clasificarea, căile perfecționării;
- cercetarea teoretico-experimentală, asistată de calculator, a procesului de dozare, distribuție şi transportare a semințelor de culturi cerealiere în baza modelului 3D elaborat;
- elaborarea bazelor teoretice ale procesului de funcționare a sistemului de dozare şi transportare a semințelor spre locul de încorporare al maşinilor pentru semănatul culturilor cerealiere;
- elaborarea, în baza cercetărilor teoretice, a mostrelor experimentale şi efectuarea încercărilor de laborator, în canalul cu sol şi în câmp, cu evaluarea capacităților funcționale şi a indicilor agrotehnici impuşi de cerințele față sistemele de distribuție şi transportare;
- 5) argumentarea parametrilor şi regimurilor de funcționare ale sistemului de distribuție şi transportare a semințelor spre locul de încorporare la maşinile pentru semănatul culturilor cerealiere în baza rezultatelor obținute;

Ipoteza de cercetare: posibilitatea îmbunătățirii indicatorilor calității semănatului culturilor cerealiere prin modificarea construcției și optimizarea regimurilor de funcționare a sistemului de distribuție și prin transportarea forțată a semințelor spre organele de încorporare cu flux de aer.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese. Metoda empirică, ce prevede verificarea experimentală a teoriei și urmărirea evoluției proceselor naturale și tehnice, a fost realizată în laboratorul de cercetare al Catedrei Mecanizarea agriculturii a Universității Agrare de Stat din Moldova, prin: studiul bibliografic, cu evidențierea neajunsurilor în domeniu; simularea la calculator a procesului de funcționare a sistemului de distribuție cu ajutorul softului SolidWorks; desfășurarea experimentelor cu utilizarea dispozitivelor electronice de control și achiziție a datelor, de tip Arduino, asistate de calculator prin software-ul LabVIEW; desfășurarea experimentelor cu utilizarea planurilor de optimizare (de tip Box-Behnken, Respoce Surface); prelucrarea datelor cu ajutorul analizei One-Way ANOVA și Outliner Identification prin intermediul softului Statgraphic; utilizarea, la realizarea încercărilor, a mijloacelor de măsurare etalonate și atestate conform normelor legale, stabilite de către Institutul de Standardizare din Moldova.

Inovația științifică: elaborarea și argumentarea formulei de calcul al amplitudinii absolute a suprafețelor de lucru ale canelurilor și ale dispozitivului de recepție și convertire a fluxului de semințe, care să asigure uniformitatea distribuției pe suprafața de repartizare a semințelor de-a lungul rigolei, sub limitele cerințelor agrotehnice, la viteze majorate.

Implementarea rezultatelor științifice: rezultatele cercetărilor au fost implementate în Stațiunea Didactică Experimentală "Petricani" a UASM, precum și în întreprinderile agricole SRL "Vadalex-Agro" și SA "ATC-Agrotehcomerț".

Sumarul compartimentelor tezei

Capitolul 1 "Analiza situației actuale privind sistemele de distribuție" prezintă o sinteză a publicațiilor științifice de ultimă oră, care reflectă următoarele aspecte: rolul și importanța lucrării de semănat pentru culturile cerealiere, cerințele agrotehnice impuse mașinilor, operația tehnologică de semănat culturi cerealiere, clasificarea mașinilor de semănat culturi cerealiere, studiul echipamentelor de semănat, problema de cercetare și direcțiile de soluționare în domeniul semănatului culturilor cerealiere.

Au fost abordate probleme tipice ale semănatului culturilor cerealiere, precum asigurarea distribuției uniforme a semințelor de-a lungul rândului, efectuarea semănatului la viteze majorate fără pierderea calității acestuia. Aceste probleme au fost analizate în cadrul utilizării sistemului de distribuție, care mai are o serie de neajunsuri, cum ar imposibilitatea de a utiliza una și aceleiași mașină de semănat pentru mai multe culturi, distribuirea semințelor la distanțe diferite între ele (și între plante) de-a lungul rândului și la adâncimi de încorporare diferite.

Capitolul 2 "Cercetări teoretice privind elaborarea sistemului de distribuție" realizează o cercetare teoretică a condițiilor de dozare de către aparatele de distribuție. În baza acestor cercetări au fost argumentați parametrii constructivi. S-au realizat cercetări teoretice legate de procesul de deplasare a semințelor prin tubul de conducere, în baza cărora s-a determinat unghiul orientării tubului de conducere la diferite viteze ale curentului de aer. O cercetare teoretică amplă s-a făcut asupra procesului de dozare și transportare a semințelor, iar în baza acesteia s-au determinat factorii principali care influențează condițiile optimale și factorii care destabilizează procesul uniform de distribuire. Studiul respectiv a determinat direcția principală de cercetare experimentală.

10

Capitolul 3 "Metodologia cercetărilor experimentale" descrie programul cercetărilor și procesul de elaborare a instalației de laborator, cuprinde informații referitoare la alegerea instrumentelor și a echipamentelor de măsurare, la metodologia încercărilor experimentale privind aprecierea traiectoriei de deplasare a semințelor prin tubul de conducere simplu și cu flux de aer, aprecierea agrotehnică a calității lucrărilor de semănat în condiții de câmp.

Au fost aprobate metodele de organizare și de planificare a experimentului. Au fost elaborate standurile și mostrele experimentale, echipamentele și instrumentele necesare pentru efectuarea cercetărilor. A fost stabilită strategia de prelucrare a rezultatelor obținute și metoda de estimare a modelelor matematice, au fost determinate caracteristicile în baza cărora s-a realizat analiza statistică a rezultatelor obținute.

Capitolul 4 "Analiza rezultatelor cercetărilor experimentale" reflectă rezultatele cercetărilor de laborator ale sistemului de distribuție, precum și rezultatele încercărilor de câmp la care a fost supus sistemul de distribuție propus, în condiții reale de lucru. Tot aici sunt prezentate datele privind aprecierea calității distribuției semințelor de-a lungul rândului și pe adâncime, datele privind dinamica răsăririi plantelor, concluziile pe marginea experimentelor de laborator și de câmp, argumentarea parametrilor constructivi și dimensionali ai organelor de lucru.

Lucrarea se încheie cu **concluzii generale și recomandări**, care sintetizează principalele rezultate, contribuțiile personale și direcțiile de aprofundare a cercetărilor în viitor.

Teza de doctorat s-a realizat sub îndrumarea conducătorului științific Vladimir SERBIN, doctor habilitat în tehnică, profesor universitar, fapt pentru care autorul îi exprimă cele mai sincere mulțumiri.

1 ANALIZA SITUAȚIEI ACTUALE PRIVIND SISTEMELE DE DISTRIBUȚIE

Semănatul este o lucrare agricolă care constă în amplasarea seminței în sol la o anumită adâncime. Aceasta reprezintă una dintre cele mai importante lucrări agrotehnice asociate cu producția culturilor vegetale și din acest considerent merită o atenție maximă. Semănatul este prima verigă din lanțul tehnologic, cu o pondere însemnată în limitarea nivelului producției vegetale care, în mare măsură, determină posibilitatea și eficacitatea aplicării mașinilor pentru îngrijirea și recoltarea culturilor agricole [1,2,20,3,10,4,5]. Fiecare cultură are o anumită epocă optimă în care trebuie să se efectueze lucrarea de semănat [21,22]. În Moldova, această epocă este dictată în primul rând de factorul termic, dar nu trebuie neglijată nici umiditatea care trebuie să fie în sol la nivelul seminței [23]. Se consideră că semănatul este de calitate atunci când terenul a fost pregătit din timp, a acumulat suficiente rezerve de apă și a favorizat activitatea de nitrificare.

Pe lângă aceasta, calitatea semănatului se apreciază și prin uniformitatea distribuirii semințelor pe suprafață, care influențează ulterior gradul de germinare a culturilor, mărimea spicelor, dezvoltarea plantelor agricole, altfel spus fiabilitatea și potențialul recoltei [24,25,26]. Combinațiile particulare ale uniformității repartizării plantelor, construcția mașinilor pentru semănat admit crearea diferitor modele distincte de înființare a culturilor [21,27].

Sistemul de distribuție al mașinilor de semănat poate fi considerat un ansamblu de componente concepute pentru a îndeplini fiecare câte o anumită funcție – să deschidă brazda, să dozeze semințele, să transporte semințele spre locul de încorporare, să acopere brazda și să taseze patul germinativ [28,29]. Aceste funcții trebuie să fie efectuate la o viteză acceptabilă de deplasare și cu un grad ridicat de fiabilitate.

În funcție de operațiunile pe care le îndeplinesc, componentele semănătorii pot fi grupate în următoarele categorii:

- componente de dozare a semințelor;
- componente de divizare și transportare a semințelor;
- componente de deschidere și reglare a adâncimii rigolei;
- componente de angajare (acoperire și tasare a rigolei) a solului.

În figura 1.1. sunt prezentate principalele componente care participă la procesul de lucru. Aceleași componentele pot îndeplini diferite funcții. În plus, un anumit component poate fi setat pentru a obține diferite rezultate în timp ce îndeplinește o funcție specifică.

Dispozitivul de dozare selectează semințele din lotul de semințe și le descarcă la o normă predeterminată și o anumită distanță. Tipul dispozitivului de dozare a semințelor, calitatea lotului și norma de dozare a semințelor – toate acestea influențează norma și precizia de dozare reale.

Funcția tubului de conducere a semințelor este de a transporta semințele la dispozitivele de formare a rigolei și încorporare în sol a semințelor, menținând cât mai mult posibil precizia de dozare. Lungimea, forma secțiunii transversale și aria, rigiditatea tubului de conducere și materialul din care este confecționat influențează gradul de menținere a preciziei de măsurare [13].

În baza ipotezelor sus-menționate, dispozitivele de încorporare a semințelor trebuie să plaseze semințele pe baza brazdei cu menținerea preciziei cu care dispozitivul dozează semințele.



Fig. 1.1. Schema procesului de lucru executat de maşinile de semănat:
1) cutie de semințe; 2) aparat de dozare;
3) tub de conducere a semințelor; 4)
brăzdar; 5) role de tasare; 6) grapă cu colți elastici [13]

1.1 Dispozitive de dozare volumetrică a semințelor

Dispozitivele de dozare a semințelor sunt cele care dozează semințele din caseta de semințe și le evacuează în sistemul de transportare care, la rândul lui, transmite semințele pentru a fi amplasate pe patul germinativ [30,31].

Actualmente, mașinile de semănat sunt dotate cu o gamă largă de dispozitive de dozare a semințelor, acestea fiind clasificate fie după "precizie", fie după "masa fluxului", în funcție de principiul lor de funcționare și modul de semănat.

Dispozitivele de dozare a semințelor cu precizie selectează semințele unitare din camera de alimentare și le transportă spre tuburile de conducere, la un interval de timp prestabilit [32]. Dacă acest interval de timp se respectă atunci când semințele sunt transportate și plasate în patul germinativ, modelul de semănat va fi unul cu semințele distribuite echidistant de-a lungul rândului [4,33].

În cazul când dispozitivele de dozare a fluxului de semințe dozează un volum consistent de semințe într-o unitate de timp pentru a asigura o distanță dintre semințe egală cu distanța stabilită, modelul este de plantare în rigole [34]. Din analiza construcției semănătorilor observăm că dispozitivele de dozare a debitului masic de semințe sunt pe larg folosite în construcția mașinilor pentru semănatul culturilor care:

• sunt semănate, de obicei, la densități mai mari (150-1500 semințe/m²) [15,35,11];

- sunt semănate în rânduri relativ înguste (80-150 mm între rânduri) [15,35,36];
- permit variații considerabile atât ale normei de semănat, cât și ale uniformității distanței dintre semințe, fără pierderi semnificative pentru recoltă [15,35,28].

Cerințele funcționale principale față de sistemele de dozare a semințelor sunt următoarele:

- dozarea seminţelor la o normă predeterminată şi permiterea reglării debitului în limite largi (1,5-400 kg/ha) [15,35,8,2,37];
- dozarea semințelor cu precizia necesară pentru respectarea cerințelor agrotehnice față de modelul de semănat; neuniformitatea debitului (normei) de semănat să fie de maximum 3% [15,35,8,2,37];
- vătămarea maximal admisibilă a semințelor de până la 0,3% [15,35,8,2,37];
- abaterea de la norma de distribuire a semințelor de către fiecare aparat de dozare montat pe semănătoare să nu depăşească 1% de la media normei stabilite) [15,35,15,8,2,37,11].

Culturile cerealiere și iarba de pășune sunt exemple de culturi a căror semințe se distribuie cu aparate de dozare masică a fuxului de semințe.

Cele mai des folosite dispozitive de distribuție sunt cele de dozare volumetrică a semințelor. După modul de organizare a fluxului, ele pot fi clasificate astfel: dispozitive cu deschidere staționară, cu refulare datorită suprafeței exterioare (cilindru canelat, cilindru cu pinteni) și cu refulare datorită suprafeței interioare (Fig. 1.2).



Fig. 1.2. Tipuri generale ale dispozitivilor de dozare volumetrică a semințelor [13]: a – deschidere staționară; b - cu suprafața exterioară; c - cu suprafața interioară

1.1.1 Dispozitiv de dozare cu antrenarea semințelor de suprafața exterioară

Dispozitivele cu dozare cu antrenarea semințelor de suprafața exterioară utilizează un cilindru canelat sau unul cu pinteni pentru a regla scurgerea semințelor din cutia de semințe către dispozitivele de transportare a lor. În ambele cazuri, atât timp cât cilindrul se rotește, sămânța este deplasată și dozată de suprafața exterioară a cilindrului (Fig. 1.3).

În timp ce principiul de funcționare și utilizare este similar pentru ambele tipuri de cilindri canelat sau cu pinteni, metoda de ajustare a normei de însămânțare diferă în mod semnificativ. La

dispozitivul de dozare cu cilindru canelat, stabilirea normei de semănat se efectuează prin modificarea lungimii active a suprafeței de dozare și turația cilindrului, iar la aparatele de dozare cu pinteni – prin modificarea turației cilindrului și mărirea secțiunii ferestrei de evacuare.

În mod obișnuit, pe mașina de semănat în mai multe rânduri, există câte un dispozitiv de dozare pentru fiecare rând, care sunt acționate de la un arbore comun. Poziția clapetei mobile a dispozitivelor de dozare este, de obicei, reglată prin rotirea unui arbore comun la care ele sunt atașate.



Fig. 1.3. Dispozitiv de dozare cu antrenarea semințelor de suprafața exterioară a cilindrului canelat [13]

1.1.1.1 Cilindru cu caneluri

În figura 1.3 este prezentată schema generală a dispozitivelor cu dozare cu antrenarea semințelor de suprafața exterioară, de tip cilindru canelat. Acest tip de dozator constă din cilindru cu caneluri, casetă și o clapetă mobilă. Cilindrul canelat este deplasat axial (Fig. 1.3) față de caseta staționară pentru a schimba expunerea lui la semințe. Clapeta mobilă poate fi deplasată, în plan vertical, mai aproape sau mai departe față de cilindrul canelat pentru a modifica atât aria secțiunii transversale a zonei prin care semințele se pot deplasa, cât și norma de semințe care poate fi deplasată de către cilindrul canelat înainte de a putea fi evacuat din dispozitivul de dozare.

Norma de semănat la dispozitivul de dozare cu cilindru canelat poate fi ajustată prin următoarele:

- reglarea vitezei de rotație a cilindrului canelat în raport cu viteza de deplasare;
- deplasarea cilindrului axial pentru a schimba lungimea canelurilor expuse la semințe;
- reglarea poziției clapetei mobile pentru diferite dimensiuni ale semințelor sau modificarea normei de însămânțare.

1.1.1.2 Cilindrul cu pinteni

Dispozitivele cu dozare cu antrenarea semințelor de suprafața [38] exterioară au același principiu de funcționare, dar cele cu cilindru cu pinteni (Fig. 1.4) diferă de aparatele cu cilindru canelat prin:

canelurile sunt înlocuite cu pinteni sau ştifturi, care au acelaşi scop;



Fig. 1.4. Dispozitiv de dozare cu cilindru cu pinteni [111]

 cilindrul cu pinteni sau ştifturi rămâne într-o poziție fixă, adică nu poate fi deplasat axial pentru reglarea normei de însămânțare.

În figura 1.4 este prezentată vederea unui dispozitiv de dozare cu cilindru cu pinteni. Se observă clar pintenii care înlocuiesc canelurile și că cilindrul poate fi liber rotit, însă nu poate fi deplasat axial pentru a schimba expunerea lui la lotul de semințe.

1.1.2 Dispozitive de dozare cu antrenarea semințelor de suprafața interioară

În cazul dispozitivelor de dozare cu antrenarea semințelor de suprafața interioară deseori se face referire la aparatele duble de dozare a semințelor, care au un component rotativ sub forma unui disc cu două suprafețe cu flanșe. Lățimea flanșelor și mărimea striațiunilor pe suprafața lor interioară diferă pe fiecare parte a discului, oferind astfel o parte fină și una aspră a discului. Pe măsură ce discul se rotește, semințele îndreptate spre partea fină sau aspră a discului sunt deplasate și dozate de suprafața internă ondulată a flanșei (Fig. 1.5).



Fig. 1.5. Dispozitiv de dozare cu antrenarea semințelor de suprafața interioară [85]

Sămânța este direcționată la partea fină sau partea aspră a dispozitivului prin mișcarea unei plăci sau a unei clapete din interiorul cutiei de semințe. De obicei, partea aspră este folosită pentru dozarea semințelor mari, în timp ce partea fină se folosește pentru dozarea semințelor de dimensiuni mici. Pentru norme majorate de semănat, semințele mici pot fi dirijate prin partea aspră a discului.

Metodele de reglare a normei de însămânțare sunt:

- reglarea vitezei de rotație a discului în raport cu viteza de deplasare;
- reglarea clapetei sau plăcii pentru direcționarea semințelor la partea fină sau aspră a dispozitivului de dozare;
- la anumite tipuri de dispozitive se reglează trecerea semințelor în partea inferioară a carcasei pentru a reduce în mod eficient lățimea flanșei și, respectiv, norma de însămânțare.

1.1.3 Dispozitive de dozare cu fereastră de scurgere fixă

Dispozitivele de dozare a semințelor cu fereastră de scurgere fixă sunt, în esență, aparate simple, care constau dintr-o cutie de semințe, un agitator și o fereastră de evacuare cu dimensiuni variabile.



Fig. 1.6. Dispozitiv de dozare cu fereastre de scurgere fixe [21]

În figura 1.6 este prezentat un dozator de semințe cu fereastră de scurgere fixă, care utilizează un suber pentru a varia dimensiunea orificiului de evacuare la baza cutiei de semințe.

Din figură se observă că sunt două orificii de evacuare, cu dimensiuni fixe, la baza cutiei de semințe. O placă reglabilă, cu dimensiuni similare celor ale orificiului, este montată sub bază.

La dispozitivul de dozare a semințelor cu fereastră de scurgere fixă (Fig. 1.7) este folosită o placă rotativă cu găuri de diferite dimensiuni în jurul periferiei pentru a ajusta dimensiunea deschiderii la baza cutiei de semințe. Aceasta poate fi rotită în raport cu orificiile din cutia de semințe pentru a varia dimensiunea orificiului de evacuare și, prin urmare, norma de însămânțare [8].

La dispozitivele de dozare cu două ferestre de scurgere (Fig. 1.8), norma de însămânțare este controlată prin modificarea secțiunii orificiului de evacuare de la baza cutiei de semințe prin rotirea unei plăci cu dimensiuni diferite ale găurilor din jurul periferiei sale.

La momentul actual, dozatoarele cu fereastră de scurgere fixă sunt dotate cu un agitator sub formă de melc sau cu un arc flexibil, care este montat în partea de sus a cutiei de semințe creând posibilitatea distrugerii cupolei formate.

Dispozitivele de dozare a semințelor cu fereastră de scurgere fixă mai sunt utilizate la construcția mașinilor pentru semănatul culturilor ierboase, administrarea îngrășămintelor sau pentru îmbunătățirea pășunilor. În figura 1.9 este prezentat un dozator de semințe cu fereastră de scurgere fixă montat pe cadrul unui scarificator profund utilizat pentru renovarea pășunilor. Semințele cad, pur și simplu, din dozator pe suprafața solului care a fost străbătut de brăzdar.

1.1.4 Dispozitive de dozare a semințelor datorită forței centrifuge

Construcția și procesul de lucru al aparatelor de distribuție centrifuge sunt total diferite de cele clasice. Aparatul de distribuție centrifug (Fig. 1.10) este format dintr-un rotor de formă conică care are patru palete curbe pe suprafața interioară și este dispus în camera de alimentare de formă tronconică. În partea inferioară a peretelui



Fig. 1.7. Dispozitiv de dozare cu fereastră de scurgere fixă [13]



Fig. 1.8. Dispozitiv de dozare cu două ferestre [21]



Fig. 1.9. Dispozitiv de dozare cu fereastră de scurgere fixă [96]



Fig. 1.10. Dispozitiv de dozare centrifugal [13]

rotorului conic este prevăzut orificiul de alimentare, iar pe arborele rotorului, în partea opusă a acestui orificiu, este montat agitatorul. Secțiunea orificiului poate fi reglată prin intermediul unui obturator. Astfel, norma de distribuție poate varia în limite foarte largi, între 0,5 și 500 kg/ha. Camera de alimentare se găsește în partea inferioară a cutiei de semințe, între acestea fiind intercalat corpul de distribuție prevăzut cu racordurile pentru atașarea tuburilor de conducere a semințelor. Semințele din cutia de semințe ajung în camera de alimentare prin canalele verticale practicate în corpul de distribuție, astfel că în jurul rotorului conic permanent sunt semințe.

1.2 Dispozitive de transportare și distribuire a fluxului de semințe

Funcția dispozitivelor de transportare și distribuire este de a transporta semințele spre dispozitivele de formare a rigolei și încorporare în sol, menținând în același timp cât mai mult posibil precizia de dozare [39,25]. Lungimea, forma secțiunii transversale, aria, rigiditatea tubului de conducere și materialul din care este elaborat influențează gradul de menținere a preciziei de măsurare.

După modul de transportare, majoritatea dispozitivelor pot fi clasificate în:

- gravitaționale;
- asistate mecanic;
- pneumatice.

Cerințele funcționale esențiale față de dispozitivele de distribuție a semințelor sunt [40] [41,42,43,44,45,46]:

- să transporte semințele din punctul de ieșire al dispozitivului de dozare spre dispozitivul de încorporare în sol;
- să mențină precizia de dozare în timpul transportării semințelor spre organele de încorporare în sol;
- să permită amplasarea semințelor pe suprafața solului sau în brazdă într-un mod adecvat în ceea ce privește distanța de plasare a semințelor între brazde și distanța dintre semințe de-a lungul rândului;
- să nu fie dependente, în procesul de distribuire a semințelor, de panta terenului și de viteza de lucru a agregatului (15 km/h).

În mod ideal, dispozitivele de distribuție a semințelor ar trebui să depună semințele pe patul germinativ, baza umedă a brazdei. Distanța dintre semințe de-a lungul brazdei ar trebui să fie proporțională cu distanța parcursă din momentul evacuării semințelor din dispozitivul de dozare.

1.2.1 Dispozitive de transportare gravitațională a semințelor

La dispozitivele de transportare gravitațională, semințele cad sub greutatea proprie, printr-o cavitate sau un tub, de la dispozitivul de dozare în rigolă. În cazul când se utilizează dispozitive de dozare cu precizie și cantitatea reziduurilor de pe suprafața solului permit acest lucru, dispozitivul este amplasat cât mai aproape de suprafața solului pentru evitarea fenomenului de inversie a semințelor.

În figura 1.11 este prezentat un dispozitiv de dozare a semințelor de tip disc cu vid, care este montat deasupra brăzdarului patină. Semințele dozate nimeresc direct în cavitatea scindată a brăzdarului care formează rigola.

În figura 1.12 este prezentat un dispozitiv de transportare a semințelor datorită forței gravitaționale cu ajutorul unui tub scurt prin care semințele ajung de la dispozitivul de dozare de tip disc cu vid către brazdă prin partea din spate a cavității divizate a unui brăzdar patină.

În figura 1.13 este prezentat un dispozitiv de transportare gravitațională a semințelor prin intermediul unui tub lung și rigid cu o deviere înapoi. Transportarea semințelor de la dispozitivul de dozare cu precizie se face doar la un singur brăzdar de tip disc.

În cazul în care se utilizează dispozitive de transportare gravitațională a semințelor (Fig. 1.14) în combinație cu dispozitive de dozare volumetrică a fluxului de semințe, lungimea și forma tubului de conducere este mai puțin importantă, existând doar condiția ca fluxul de semințe să nu fie împiedicat în mod nejustificat. În figura 1.14 este prezentat dispozitivul tipic de transportare gravitațională a semințelor pentru mașinile de semănat în rigole, utilizat pentru transportarea semințelor de la dispozitivul de dozare volumetrică a fluxului de semințe spre locul de încorporare. Modelul dat al schemei de transportare este caracteristic pentru mașinile de semănat culturi cerealiere.



Fig. 1.11. Transportarea prin partea scindată din spate a brăzdarului [13]



Fig. 1.12. Transportarea prin tub scurt [21]



Fig. 1.13. Transportarea print tub la capăt cu o deviere înapoi [13]



Fig. 1.14. Transportarea prin tub lung [35]

1.2.2 Dispozitive de distribuție mecanice

Dispozitivele de distribuție mecanice includ un subansamblu mecanic pentru a intensifica repartizarea semințelor din dispozitivul de dozare a semințelor spre patul germinativ. De obicei, acestea pot fi:

- discuri centrifugale sau de tip canal de scurgere oscilant, folosite la maşini de semănat prin împrăştiere pentru a repartiza semințele pe o lățime corespunzătoare la suprafața solului;
- de tip elevator, utilizate la semănători de precizie pentru a contribui la menținerea preciziei pasului plantării.

Trebuie să menționăm că aceste dispozitive, fiind o componentă integrantă a unei mașini de semănat prin împrăștiere, practic nu sunt utilizate în componența mașinilor de semănat cu precizie. Acest fapt este o consecință a îmbunătățirii tehnologiei de înființare a plantelor și recoltării semințelor, ceea ce a redus necesitatea utilizării unor metode de semănat în care dispozitivele de distribuție mecanice erau predominante.

1.2.2.1 Dispozitivul de distribuție mecanic cu disc centrifugal

În figura 1.15 este prezentată o mașină de semănat prin împrăștiere, care include un disc centrifugal al dispozitivului de distribuție mecanică a semințelor. Discul are un număr de palete fixe care radiază din partea sa centrală. Semințele cad dintr-un dispozitiv de dozare a semințelor cu deschidere staționară direct pe discul centrifugal, apoi, sub acțiunea forței centrifuge, sunt împrăștiate pe o anumită lățime a suprafeței patului germinativ.



Fig. 1.15. Dispozitiv de distribuție mecanic cu disc centrifugal [11]

1.2.2.2 Dispozitivul de distribuție mecanic cu canal de scurgere oscilant

În figura 1.16 este prezentată o mașină pentru semănat prin împrăștiere cu un dispozitiv de distribuție mecanic de tip canal de scurgere oscilant. Semințele sunt dozate printr-un dispozitiv de dozare masică a fluxului de semințe cu deschidere staționară direct în intrarea canalului oscilant. Pe



Fig. 1.16. Dispozitiv de distribuție mecanic cu canal de scurgere oscilant [11]

măsură ce jgheabul oscilează înainte și înapoi cu o anumită viteză, sămânța este accelerată spre capătul de descărcare și de difuzare pe suprafața patului germinativ într-un arc de cerc. Lățimea arcului poate fi reglată prin modificarea măsurii în care gura de scurgere se poate deplasa într-o oscilație.

La utilizarea discului centrifugal sau dispozitivului de distribuție cu canal de scurgere oscilant, norma de însămânțare nu este uniformă pe toată lățimea de lucru la o trecere a semănătorii. În general, norma de semănat este mai mare în porțiunea centrală și tinde spre zero la extremitatea lățimii arcului de însămânțare. Suprapunerea peste arcul suprafețelor de însămânțare la trecerea ulterioară permite o rată mai uniformă de plantare pe întreaga suprafață a solului.

1.2.2.3 Dispozitivul de distribuție mecanic de tip elevator

În figura 1.17 este prezentat un dispozitiv mecanic de distribuție care este compus dintr-un transportor de semințe de tip elevator. Elevatorul menține distanța dintre semințe pe parcursul transportării mecanice a acestora, de la dispozitivul de dozare cu plăci orizontale spre brazdă.

Dispozitivele de distribuție mecanice de tip elevator în prezent sunt utilizate rar din cauza costurilor și a complexității lor, precum și datorită îmbunătățirii generale a dispozitivelor de distribuție în rigole datorită forței gravitaționale. Cu toate acestea, un concept similar este încă folosit, de exemplu, la semănători cu dispozitive de dozare cu precizie a semințelor cu lingurițe pentru a menține distanța dintre semințe din punctul de refulare de la dispozitivul de dozare a semințelor către baza mecanismului de transportare a semințelor.



Fig. 1.17. Dispozitiv de distribuție mecanic de tip elevator [68]

1.2.3 Dispozitive pneumatice de transportare și divizare a semințelor

Dispozitivele pneumatice de transportare a semințelor sunt folosite, de obicei, în construcția mașinilor de semănat pentru mai multe rânduri, fiind dotate cu cutie de semințe centralizată. Dozarea semințelor se face pe cale mecanică, cu un aparat de tip cilindru canelat, iar repartizarea și transportarea lor spre brăzdare se face pneumatic. Dispozitivele pneumatice de transportare și divizare a semințelor pot fi de două tipuri:

- concepute doar pentru transportarea semințelor;
- concepute pentru transportarea și divizarea fluxului de semințe.

1.2.3.1 Dispozitivele pneumatice pentru transportarea semințelor

În dispozitivele concepute doar pentru transportare, semințele sunt dozate direct în tubul prin care se transportă către brăzdar cu ajutorul fluxului de aer. Din figura 1.18 se observă modul în care fiecare dispozitiv de dozare este poziționat sub cutie de semințe comună, care dozează semințele către tuburile de conducere prin care acestea sunt transportate pneumatic către brăzdare. În acest caz, la ventilator sunt conectate patru furtunuri, care alimentează cu aer individual patru tuburi. Dispozitivele individuale de dozare a semințelor sunt atribuite fiecărui tub prin care ele sunt transportate direct către brăzdar.



Fig. 1.18. Dispozitiv de distribuție a semințelor doar pentru transportare [11]

1.2.3.2 Dispozitivele pneumatice pentru transportarea și divizarea fluxului semințe

Dispozitivele pneumatice pentru transportarea și divizarea fluxului de semințe formează baza așa-numitelor semănători pneumatice. Există o variație considerabilă constructivă a semănătorilor, dar semințele sunt dozate, la toate sau la un număr de brăzdare, printr-un singur tub, care transportă pneumatic semințele către un cap de divizare. Capul de divizare împarte jetul de aer în mod egal către un număr de tuburi amplasate simetric în jurul lui și, respectiv, către brăzdar sau un cap de divizare secundar.

În figura 1.19 este prezentată structura tipică a unui dispozitiv de transportare și divizare, care include doar capuri de divizare primare. Dispozitivul dat constă dintr-o cutie de semințe cu trei dispozitive de dozare masică a fluxului de semințe amplasate sub cutie. Fiecare dispozitiv de dozare distribuie semințele către un jet de aer care ulterior este împărțit la patru tuburi în capul de divizare primar, semințele fiind transportate la un grup de patru brăzdare individuale.

Dispozitivul prezentat în figura 1.20 este echipat cu capuri de divizare atât primare, cât și secundare. Este format dintr-o singură cutie pentru semințe, care deservește un dispozitiv de dimensiuni mari pentru dozare masică a fluxului de semințe.





Fig. 1.20. Dispozitiv de transportare și divizare cu cap primar și secundar de divizare [11]

Acest dispozitiv de dozare distribuie semințele către un curent de aer care este ulterior împărțit la capurile de divizare primare, iar apoi la cele secundare, astfel încât dispozitivul unic de dozare furnizează semințele la un grup de 16 brăzdare individuale. De obicei, folosirea acestui tip de sistem cu capuri primare și secundare de divizare și cu un singur dispozitiv de dozare a semințelor asigură transportarea semințelor la 81 de brăzdare individuale.

Capurile de divizare disponibile pentru utilizarea în sistemele de distribuție și divizare pneumatică pot fi turnate fără elemente de mișcare (Fig. 1.21) sau turnate prin presare cu elemente de mișcare încorporate (Fig. 1.23).



Fig. 1.21. Cap de divizare din masă plastică turnat simplu [35]



Fig. 1.22. Capac divizor pentru închiderea distribuției pe jumătate din lățimea de lucru [13]



Fig. 1.23. Cap de divizare pentru semințe și îngrășăminte [35]

În sistemul de divizare prezentat în figura 1.23 sunt folosite două capuri de divizare – unul pentru divizarea fluxului de semințe, iar altul pentru îngrășăminte. Ambele au elemente rotative pe un arbore vertical comun acționat de motorul hidraulic.

Capul de divizare poate fi echipat cu un dispozitiv montat pe capacul normal (Fig. 1.22), care obturează un rând sau mai multe fără modificarea debitului și repartiției.

Toate mașinile pentru semănat la care sunt folosite sistemele de transportare și divizare pneumatică necesită o modalitate de a izola dispozitivul de dozare a semințelor de presiunea fluxului de aer, deoarece aerul poate fi scurs înapoi prin dispozitivul de dozare în buncărul de semințe, ceea ce afectează în mod serios performanțele de distribuție. Există trei sisteme generale de introducere a semințelor în fluxul de aer (Fig. 1.24):

În dispozitivele cu cutia de semințe sub presiune, un furtun sau o țeavă de la furtunul de refulare a ventilatorului se conectează la cutia de semințe. Având o presiune egală deasupra și dedesubtul dispozitivului de dozare, semințele cad, datorită forței de gravitație, în fluxul de aer transportator. Dispozitivele date sunt relativ simple după construcție și nu necesită componente mobile suplimentare.



a) sistem cu cutia de semințe sub presiune b) sistem cu ejectare c) sistem rotor cu palete
 Fig. 1.24. Metodele folosite pentru introducerea semințelor în fluxul de aer [13]

Dispozitivele cu ejectare (Fig. 1.24. b)) funcționează în baza efectului de injecție. Pe măsură ce aerul intră în secțiunea conică, din partea superioară a conductei, viteza aerului crește, creând o reducere a presiunii în măsura în care nu există nicio contrapresiune și sămânța nimerește liber, datorită forței gravitaționale, în fluxul de aer.

Dispozitivele asamblate cu sistem rotor cu palete (Fig. 1.24. c)) sau cu blocarea aerului izolează dispozitivul de dozare a semințelor de fluxul de aer sub presiune din tubul de transportare și descarcă semințele în curentul de aer atunci când se rotește. Rotorul cu palete trebuie să fie de dimensiuni adecvate pentru a face față volumului de semințe care urmează a fi dozate, iar suprafețele sale de etanșare trebuie să fie bine întreținute pentru a asigura funcționarea eficientă.

Viteza curentului de aer în procesul de distribuție și transportare trebuie să fie mai mare decât viteza critică de plutire a semințelor. În timp ce un debit de aer adecvat transportă în mod fiabil semințele la brăzdare, debitele mai mari măresc viteza semințelor în tuburile de transportare și pot face ca sămânța să sară sau să fie deplasată de la fundul brazdei. O parte din mașinile de semănat sunt completate cu difuzor sau cu o cameră de expansiune în apropierea dispozitivului de plasare a semințelor cu scopul reducerii vitezei semințelor în momentul plasării în brazdă.

1.3 Clasificarea sistemelor de distribuție ale mașinilor de semănat

În baza analizei construcției sistemelor de distribuție ale mașinilor de semănat prezentate mai sus a fost elaborată schema de clasificare în funcție de forma și caracteristicile lor (Fig. 1.25).



Fig. 1.25. Reprezentarea grafică a clasificării sistemelor de distribuție ale semănătorilor

1.4 Căile de perfecționare a construcției dispozitivelor de dozare

La aparatele de dozare cu cilindri canelați, uniformitatea scurgerii semințelor din aparat depinde de viteza de rotație a arborelui de acționare. La viteze mari (40-60 min⁻¹) ale cilindrului canelat se formează un flux continuu de semințe la evacuarea din dozator. La viteze mici (10-40 min⁻¹), debitul de semințe capătă o forma pulsatorie deoarece fiecare canelură evacuează semințele individual din fereastra de evacuare. Reducerea expunerii cilindrului canelat la lotul de semințe și, în același timp, creșterea vitezei de rotație pentru a da aceeași normă de dozare este o modalitate de a îmbunătăți uniformitatea debitului de semințe [47,48,49,50,51,52].

Pentru uniformizarea debitului de semințe dozate și micșorarea pulsațiilor fluxului de semințe sunt propuse următoarele soluții constructive:

- dispunerea alternativă a canelurilor pe două jumătăți ale suprafeței cilindrului (Fig. 1.26, *a*));
- înclinarea canelurilor față de generatoarea cilindrului (Fig. 1.26, *b*));
- înclinarea muchiei terminale a clapetei mobile față de generatoarea cilindrului (Fig. 1.26, c)).



Fig. 1.26. Soluții constructive pentru uniformizarea pulsațiilor fluxului de semințe la dispozitivele cu cilindri canelați [13]

Pentru o imagine de ansamblu amplă și informativă privind construcția aparatelor de

dozare cu cilindrii canelați, care se montează pe semănători de culturi cerealiere, am efectuat o analiză a dispozitivelor de acest fel conform bazei de date a brevetelor de invenție.

În figura 1.27 este prezentat un aparat de dozare (RU 2264699 C1, A01C 7/12 din 27.11.2005) la care cilindrul de semănat din partea ferestrei de încărcare este acoperit de un zăvor, montat cu posibilitatea de a se deplasa de-a lungul axei cilindrului de semănat. Dispozitivul este diferit de celelalte tipuri prin aceea că este prevăzut suplimentar cu limitator al normei de dozare, iar



Fig. 1.27. Aparat de dozare RU 2264699 C1

sfârșitul cilindrului de semănat este echipat cu un prag, efectuat la același nivel cu peretele ferestrei de încărcare. [53]

Aparatul prezentat în figura 1.28 (RU 2461171 C2, A01C 7/12 din 20.09.2012), compus din carcasă și oblon, este diferit prin faptul că pe suprafața exterioară a cilindrului sunt amplasate 14-18 muchii, formând caneluri oblice înclinate, amplasate sub un unghi ascuțit de 12-17° față de linia axială a cilindrului, cu secțiunea transversală de 5-7,5 mm [54].

Aparatul de dozare din figura 1.29 (RU 2400042 C1, A01C 7/12 din 27.09.10) este compus din carcasă cu ferestre superioare și inferioare, două palete din material elastic, cu un capăt rigid fixat în fereastra superioară și cu posibilitatea de a avea contact cu suprafața exterioară a cilindrului canelat. Muchiile canelurilor sunt executate înclinat în direcția de rotație a cilindrului canelat, iar capetele inferioare ale paletelor sunt situate nu mai sus de axa orizontală de simetrie a cilindrului canelat [55].

În figura 1.30 este prezentat un dispozitiv (RU 2461172 C2, A01C 7/12 din 20.09.2012) care se remarcă prin cilindrul făcut cu posibilitatea de a fi înlocuit, pe suprafața lui cilindrică fiind amplasate paletele cu mai multe intrări, teșite, elicoidale, care formează caneluri curbilinii. Suprafața curbilinie a fundului clapetei este efectuată după tractrix-curbă, iar capătul posterior al clapetei este amplasat față de verticala dusă din centrul de rotație al cilindrului la valoarea 0,40-0,50 D_c [56]

Aparatul de semănat cu cilindru are o construcție diferită dat fiind că cilindrul are o cavitate în care este plasat un arc, iar acesta desface în direcția axială cilindrul și cupla pentru a menține decalajul minimal între ele. Pasul liniei elicoidale a melcului este de cel puțin 500 mm, numărul de intrări ale paletelor nu este mai mic de 10, iar canelurile formate au suprafața secțiunii transversale de cel puțin 20 mm².

La semănătoarea în rânduri RU 2384993 C1 (A01C 7/12 din 27.03.2010) [57], elementele din fața și spatele carcasei fiecărui aparat de dozare (Fig. 1.31) au proeminențe și sunt introduse în



Fig. 1.28. Aparat de dozare RU 2461171 C2



Fig. 1.29. Aparat de dozare RU 2400042 C1



Fig. 1.30. Aparat de dozare RU 2461172 C2



Fig. 1.31. Aparat de dozare RU 2384993 C1

patine elastice perechi, sudate de cutia de semințe, sub fiecare fereastră a ei, una în întâmpinarea alteia, iar elementele din fața și spatele carcasei sunt fixate în orificiile cutiei de semințe cu proeminențe.

Aparatul de dozare cilindric de precizie din figura 1.32 (RU 2490854 C2, A01C 7/12 din **27.02.2013**) are muchiile fiecăruia dintre cilindrii canelați efectuate sub unghi, cu încadrare din perii. Muchiile cilindrilor canelați adiacenți sunt amplasate sub același unghi față de axa de rotație și sunt



Fig. 1.32. Aparat de dozare RU 2490854 C2

îndreptate una către cealaltă. Capătul clapetei este realizat în formă dreptunghiulară și se remarcă prin faptul că canelurile din dreapta și stânga au la bază orificii semisferice amplasate echidistant pe întreaga lungime, iar la partea căderii bobului din caneluri există adâncituri hiperbolice [58].

Dintre toate modelele studiate, [59,60,61,62,63,64] cel mai apropiat de aparatul propus de noi, după modul de organizare a procesului de scurgere, este aparatul de dozare cu cilindru canelat din figura 1.33 (RU 2384040 C1. A01C 7/12 din Muchiile 20.03.2010). canelurilor cilindrului nu au încadrări din perii și sunt efectuate după linie elicoidală sub



Fig. 1.33. Aparat de dozare RU 2384040 C1

unghi de 18÷22° față de linia axială. Partea capătului posterior al clapetei este de formă dreptunghiulară. Sfârșitul unei muchii a cilindrului canelat după direcția de rotire a cilindrului coincide cu vârful drept de sus al clapetei, iar începutul următoarei muchii coincide cu vârful stâng de sus al clapetei [65].

Un dezavantaj al acestui aparat este repartizarea neuniformă a semințelor pe suprafața de însămânțare la norme mici de semănat, prin deplasarea în direcția axială către interiorul sau exteriorul cutiei de semințe a cilindrului canelat. Unghiul de înclinare a canelurilor este îndreptat contra direcției de evacuare a semințelor, provocând alunecarea semințelor din caneluri înapoi în aparatul de distribuție. Concomitent cu aceasta nu este ajustat unghiul de înclinare al canelurilor cilindrului față de linia axială a cilindrului cu unghiul liniei de tăiere a parții capătului posterior al clapetei mobile, ceea ce duce la o evacuare pulsatoriu-porționată a semințelor și complică instalarea la norme mici de semănat din contul pierderii efectului înclinării unghiului canelurilor cilindrului. Un alt neajuns este lățimea fluxului de semințe la evacuarea din aparatul de distribuție spre pâlnia tubului de conducere, care este aproximativ egală cu lățimea clapetei mobile (în cazul dat 33 mm), în pofida faptului că rigola, în funcție de brăzdarul folosit, are lățimea de 20-60 mm, iar diametrul tubului de conducere este egal cu 40 mm. Totodată, axa repartizării fluxului de semințe este perpendiculară cu axa rigolei în plan orizontal, și nu de-a lungul ei, ceea ce duce la o suprafață de repartizare mai mare pe lățimea rigolei, neuniformă și în formă de Z de-a lungul rigolei. Toate acestea cauzează reducerea recoltei culturilor agricole [66].

1.5 Concluzii

- 1. În rezultatul studiului surselor bibliografice naționale și a celor internaționale s-a constatat că aparatele de dozare din componența sistemelor de distribuție a semănătorilor pentru culturi cerealiere nu asigură uniformitatea de dozare a semințelor, ce se manifestă prin dozarea pulsatorie, iar în procesul deplasării semințelor prin tubul de conducere către locul de încorporare în sol are ciocnirea haotică a acestora cu pereții interiori ai tubului.
- 2. Soluțiile propuse pentru perfecționarea sistemelor de distribuție sunt direcționate spre modificarea parametrilor constructivi care influențează uniformitatea repartizării semințelor pe suprafața de însămânțare de-a lungul rândului atât la punctul de refulare din dispozitivul de dozare, cât și la intrarea în tubul de conducere.
- 3. În baza analizei sistemelor de transportare a semințelor spre locul de încorporare în sol sa constatat că la majoritatea dintre acestea este utilizat sistemul pneumomecanic de transportare şi distribuție, ceea ce păstrează uniformitatea fluxului asigurată de aparatele de dozare şi oferă posibilitatea majorării vitezei de deplasare a agregatului.

2 CERCETĂRI TEORETICE PRIVIND ELABORAREA SISTEMULUI DE DISTRIBUȚIE

Cercetările efectuate privind sistemele de distribuție arată că pentru îmbunătățirea uniformității de distribuție a semințelor în brazdă este necesar de a reduce în mod semnificativ timpul în care semințele trec prin în tubul de conducere [67]. Astfel, la deplasarea mașinii de semănat cu o viteză mai mare de 9 km/h, aparatul de distribuție trebuie să asigure o alimentare forțată cu semințe pe fundul brazdei [68,14,69,70,71].

Obiectul cercetării este sistemul de dozare și transportare a semințelor, dotat cu aparate de distribuție cu cilindru canelat, destinat semănatului culturilor cerealiere de grupa întâi. Metodologia de cercetare include dezvoltarea unui model matematic al deplasării semințelor prin tubul de conducere în condiții de transport forțat în curent de aer cu suprapresiune și elaborarea programei care să permită analiza vitezei de deplasare a semințelor [41,72].

Cercetarea teoretică asistată la calculator a parametrilor constructivi privind funcționarea sistemului de distribuție a semănătorilor pentru culturi cerealiere a fost efectuată cu ajutorul software-lui Dassault Systèmes (DS) SolidWorks [73,74,75]. În baza acestui program a fost obținută și argumentată teoria suprafeței active de lucru în ceea ce privește parametrii geometrici ai cilindrului canelat, ai clapetei mobile și ai dispozitivului de recepție și convertire.

2.1 Analiza mișcării semințelor la evacuarea din dispozitivul de dozare

Pentru a scoate în evidență aspectele legate de modificarea calitativă a fluxului de semințe este necesar de efectuat o analiză a caracterului mișcării semințelor în dispozitivul de dozare.

Să analizăm forțele care acționează asupra unui bob în timpul lucrului cilindrului cu caneluri elicoidale. Asupra bobului acționează următoarele forțe: greutatea G, forța de frecare a seminței pe suprafața canelurii F_{tr} , forța de inerție F_i a seminței, reacția normală N a influenței canelurii cilindrului aparatului de semănat [76].



Fig. 2.1. Forțelor care acționează asupra seminței la canelura înclinată

Pentru stabilirea unghiului de înclinare α a canelurilor cilindrului să luăm în considerare ecuațiile de echilibru ale forțelor în proiecții pe axa OX și OY, care vor avea următoarea formă:

$$\begin{cases} -N \cdot \sin \alpha + F_{tr} \cdot \cos \alpha = 0 \\ -G + F_i + N \cdot \cos \alpha + F_{tr} \cdot \sin \alpha = 0 \end{cases}$$
(2.1) (2.2)

Din ecuația (2.2) vom defini reacția normală N a influenței canelurii asupra seminței și în urma transformărilor vom obține:

$$N = \frac{F_{tr} \cdot f \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} \tag{2.3}$$

unde f- coeficientul de frecare al seminței.

Din ecuația (2.3) avem:

$$tg\alpha = (f) \implies \alpha = arctg(f)$$
(2.4)

Deoarece coeficientul de frecare a seminței de grâu cu suprafața pieselor executate din oțel este f = 0.36 [77], unghiul de înclinare al canelurilor cilindrului va fi $\alpha = 20^{\circ}$.

Pentru o analiză mai detaliată a influenței unghiului de înclinare a canelurilor și a unghiului capătului posterior al clapetei mobile asupra fluxului de semințe format de dispozitivul de dozare a fost elaborat modelul 3D.

Pe lungimea arcului format de o canelură a cilindrului canelat au fost stabilite 12 puncte, deplasate echidistant radial. Din cele 12 puncte au fost trasate linii către axa de rotație a cilindrului. Pe baza liniilor create au fost extrudate suprafețe pe lungimea cilindrului canelat și înclinate sub un unghi de 0° față de linia generatoare (Fig. 2.2). Pe aceste suprafețe au fost creați senzori (SolidWorks Sensors) de dimensiuni (dimensionali), care monitorizează aria suprafețelor create din intersecția acestora cu cilindrul canelat.

Monitorizarea ariilor suprafețelor create în cele 12 punte (Fig. 2.3) permite stabilirea variației ariei suprafeței de lucru la evacuarea semințelor din cutia aparatului de distribuție pe durata de lucru a unei caneluri, care mai apoi se repetă în funcție de numărul de caneluri ale cilindrului.

La evacuarea din cutia aparatului de distribuție a



Fig. 2.2. Cilindrul canelat și suprafața senzorilor în 12 puncte



Fig. 2.3. Cilindrul canelat și suprafața senzorilor înclinate sub un unghi față de generatoarea cilindrului

materialului semincer participă nemijlocit și clapeta mobilă a aparatului de distribuție având vârful capătului posterior tăiat sub un unghi. Unghiul vârfului capătului posterior al clapetei a fost prevăzut să reducă efectul pulsatoriu al fluxului de semințe la semănători cu cilindri canelați drepți. Luând în considerare acest fapt, pentru prototiparea acestor parametri ai unghiului, suprafața creată a senzorului a fost înclinată sub un unghi prestabilit față de generatoarea cilindrului, în funcție de valorile unghiului vârfului capătului posterior, care la semănători Sz-3,6 este de 9º (Fig. 2.5).

În condiții reale de lucru, între clapeta mobilă și cilindrul canelat există un spațiu reglabil

pereților canelurilor, forța de deplasare, ceea ce duce la evacuarea semintelor de pe clapeta mobilă. Stratul de semințe, care este antrenat de către cilindrul canelat, nu se limitează numai la semintele din interiorul canelurilor, dar le cuprinde și pe cele aflate în nemijlocita apropiere a lor. Volumul stratului activ de semințe din nemijlocita apropiere a cilindrului cu caneluri este de aproximativ 0,5-0,8 din volumul canelurii.

Pentru a efectua o modelare cât mai apropiată de mediul real, luând în considerare cele menționate mai sus, deasupra fiecărei caneluri a fost extrudată o a doua canelură, suprapusă, având raza arcului de 0,65 din raza arcului canelurii cilindrului. Suprafața senzorului a fost prelungită până la intersecția cu canelura superioară.

Ca rezultat al intersecției suprafeței senzorului de monitorizare a ariilor canelurilor cilindrului și a ariilor suplimentare s-a obținut aria suprafeței din interiorul

volumului activ de lucru al cilindrului, excluzându-se formele geometrice care interacționau cu suprafața senzorului cu o precizie de 0,0001 mm.

Astfel, aria suprafeței de lucru Sli (Fig. 2.4) este egală cu suma ariei suprafeței de lucru a canelurii S_{lci} și a ariei suprafeței de lucru a stratului activ S_{1sai} formate de planul τ descris de linia de tăiere a părții capătului posterior al clapetei mobile și un punct de pe linia axială cilindrului canelat, care întretaie canelurile în i = 0-12 puncte amplasate radial și echidistant pe lungimea arcului format de o canelură.



Fig. 2.5. Ansamblul dintre cilindrul canelat, clapeta mobilă și suprafata senzorului de monitorizare



Fig. 2.6. Vizualizarea rezultatului interactiunii senzorului de monitorizare cu modelul ansamblului



Fig. 2.4. Parametrii constructivi ai ansamblului dintre cilindrul canelat și clapeta mobilă

În baza valorilor obținute de la senzorii care monitorizează aria suprafeței de lucru, din programa DS SolidWorks, la diferiți parametri constructivi ai ansamblului dintre cilindrul canelat

și clapeta mobilă, au fost construite diagramele variației ariei suprafeței de lucru în funcție de punctul amplasării pe canelură (Fig. 2.7, Fig. 2.8, Fig. 2.9).



Fig. 2.7. Variația ariei suprafeței senzorului în funcție de punctul amplasării pe canelură la unghiuri de răsucire a canelurilor de 0, 16, 19 și 22°

Din analiza diagramelor se observă că, la unghiul de răsucire a canelurilor $\alpha_{rc}=0^{\circ}$ (Fig. 2.7), aria suprafeței de lucru în punctele 7, 8, și 9 este egală cu 0 iar aceasta înseamnă că, la aceste poziții, cilindrul canelat nu efectuează lucrul sau nu administrează semințe către pâlnie, ceea ce duce la efectul pulsatoriu al fluxului de semințe. La majorarea unghiului de răsucire a canelurilor ($\alpha_{rc}=16$, 19 22, 30, 37°) se micșorează amplitudinea variației ariei suprafeței de lucru a senzorului



Fig. 2.8. Variația ariei suprafeței senzorului în funcție de punctul amplasării pe canelură la lungimea activă a cilindrului canelat de 33 mm si unghiuri de răsucire a canelurilor de 0 si 22°



Fig. 2.9. Variația ariei suprafeței senzorului, formată din aria suprafeței de lucru a canelurii și aria suprafeței de lucru a stratului activ, în funcție de punctul amplasării pe canelură la unghiuri de răsucire a canelurilor 0, 16, 19, 22, 30 și 37°

(Fig. 2.7, Fig. 2.9), ceea ce duce la micșorarea variației ariei de lucru a cilindrului și, în consecință, la micșorarea efectului pulsatoriu al fluxului de semințe.

Modificarea unghiului de lucru $\delta_{lcl} = 8^{\circ}$ al clapetei mobile (Fig. 2.8) și a unghiul de răsucire a canelurilor $\alpha_{rc} = 22^{\circ}$ reduce practic la zero amplitudinea absolută A_{asl} a variației ariilor suprafețelor de lucru. Aceasta presupune că, la orice poziție a canelurii față de clapeta mobilă, pulsația fluxului de semințe va fi minimală sau va avea o valoare nesemnificativă.

2.1.1 Argumentarea parametrilor constructivi ai dispozitivului de dozare

Cele mai bune rezultate se obțin la aparatul de distribuție în care este instalat cilindrul canelat efectuat sub un unghi de răsucire $\alpha_{rc}=22^{\circ}$, aproximativ egal cu unghiul $\alpha_{elic}=13,65^{\circ}$ efectuat după linie elicoidală față de linia axială a cilindrului, fiind înclinat față de rozetă spre direcția de evacuare a semințelor din aparatul de distribuție. Lungimea de lucru a cilindrului canelat este L_{lc} = 33 mm.



Fig. 2.10. Reprezentarea grafică a parametrilor constructivi ai ansamblului format din cilindrul canelat și clapeta mobilă

Amplitudinea absolută A_{asl} a ariilor suprafețelor de lucru S_{li}, egală cu diferența dintre aria suprafeței de lucru maximală S_{lmax} și aria suprafeței de lucru minimală S_{lmin}, trebuie să fie egală sau mai mică de 20S_s (A_{asl} = S_{lmax} - S_{lmin} \leq 20S_s, S_s – aria secțiunii maestre a seminței), ceea ce corespunde cu unghiul de lucru $\delta_{lcl} = 8^{\circ}$. Aria suprafeței de lucru S_{li} este egală cu suma ariilor suprafeței de lucru a canelurii S_{lci} și aria suprafeței de lucru a stratului activ S_{lsai} formate de planul τ descris de linia de tăiere a părții capătului posterior al clapetei mobile și un punct de pe linia axială cilindrului canelat, care întretaie canelurile în i = 0-12 puncte amplasate radial și echidistant pe lungimea arcului format de o canelură.

2.2 Analiza mişcării semințelor în dispozitivul de transportare

Dirijarea fluxului de semințe dozate spre brăzdarele mașinilor de semănat se realizează prin intermediul dispozitivelor de transportare sau al tuburilor de conducere. Acestea fac legătura dintre un element fix al mașinii de semănat (aparatul de distribuție) și un element mobil (brăzdarul) care în timpul lucrului își schimbă continuu poziția față de cadrul mașinii pentru a se adapta la neregularitățile terenului. În timpul trecerii semințelor prin tuburile de conducere, fluxul de semințe suferă o modificare calitativă cauzată de modificarea regimului de mișcare a semințelor, urmare a

ciocnirilor repetate cu pereții interiori ai tubului. Influența ciocnirilor semințelor cu pereții tubului asupra uniformități fluxului de semințe va fi redusă la minimum în tuburile la care condițiile de producere a ciocnirilor repetate, precum și efectul lor vor fi eliminate [67].

Pentru alimentarea forțată, la fundul brazdei este folosită energia fluxului de aer. Aceasta comunică viteză suplimentară și energie cinetică materialului semincer, favorizând deplasarea prin tubul de conducere și învingând rezistența forțelor care apar în timpul deplasării. Există astfel oportunitatea de a mări calitatea de repartizare prin uniformizarea fluxului de semințe și micșorarea numărului de ciocniri cu peretele tubului și de a reduce timpul de transportare către zona de acoperire a brazdei [78].

 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I
 I

aerului

Studiul deplasării seminței se

desfășoară luând în considerare modificările în condițiile mișcării la șapte poziții, după cum se arată în figura 2.11 și figura 2.12.

Influența forței fluxului asupra seminței este condiționată de rezistența aerului, asociată cu fluxul de aer în jurul seminței, care generează forța motrică direcționată de-a lungul axei longitudinale a fluxului.

2.2.1 Analiza mișcării semințelor prin dispozitivul de recepție și convertire

La deplasarea bobului de la poziția I spre poziția II (condițiile inițiale fiind t = 0; x = 0; $\dot{x} = V_{01}$), când asupra seminței în tubul de conducere acționează forța de greutate $-\vec{G} = mg$, îndreptată în jos după axa y, și forța de frecare a aerului, ecuația deplasării seminței poate fi descrisă în felul următor: bobul cade în câmp gravitațional pornind din repaus. Se consideră că rezistența aerului este proporțională cu viteza aerului. Luând în considerare legea rezistenței aerului, mișcarea corpului în acest caz corespunde formulei: $R_a = \frac{1}{2}C\rho Av^2$, unde *C* este coeficientul de rezistență care depinde de forma corpului, ρ este densitatea aerului, *A* este secțiunea transversală a corpului perpendiculară pe direcția vitezei, iar *v* – viteza corpului.



Fig. 2.13. Schema de mișcare a seminței la poziția I–II

Într-o formă mai detaliată, ecuația de mișcare a seminței poate fi scrisă sub forma:

$$m\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{2}C\rho Av^2 + mg \tag{2.5}$$

unde: $\frac{dv}{dt}$ – derivata vitezei a aerului, m/s;

- v viteza corpului, m/s;
- *C* coeficient fluido-dinamic (aerodinamic) al corpului;
- A aria secțiunii maestre a seminței, mm²;
- ρ densitatea aerului, kg/m³;
- m masa seminței, g.

Simplificând cu m formula (2.5) și notând cu $u^2 = \frac{2mg}{C\rho A}$, aceasta poate fi scrisă sub forma:

$$a = g\left(1 - \frac{v^2}{u^2}\right). \tag{2.6}$$

Ordinul ecuației diferențiale poate fi redus dacă se scrie:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dy} \cdot \frac{dy}{dt} = v \frac{dv}{dy}.$$
(2.7)

Din formula (2.7) rezultă ecuația diferențială cu variabile separabile:

$$v\frac{dv}{(u^2 - v^2)} = \frac{gdy}{u^2},$$
(2.8)

cu soluția:

$$-\frac{1}{2}\ln(u^2 - v^2) + C = \frac{gy}{u^2}.$$
 (2.9)

Dacă fixăm originea în poziția de lansare a punctului, cu orientarea în jos, condiția inițială revine la t=0, x=0, v=0. Rezultă:

$$-\ln u + \mathcal{C} = 0 \tag{2.10}$$

și atunci integrală poate fi scrisă:

$$-\frac{1}{2}\ln\frac{u^2 - v^2}{u^2} = \frac{gy}{u^2},\tag{2.11}$$
de unde:

$$v = u \sqrt{\left(1 - e^{-\frac{2gy}{u^2}}\right)}.$$
 (2.12)

Se poate observa că dacă y crește, termenul $e^{-\frac{2gy}{u^2}}$ tinde către 0, deci viteza nu va putea depăși viteza limită *u*. Adică un corp în cădere își mărește viteza până la un moment dat, după care se va mișca cu viteza constantă.

Viteza rezultantă poate fi calculată prin formula:

$$v_t = \sqrt{\frac{2mg}{c\rho A}}.$$
(2.13)

Timpul caracteristic poate fi calculat prin formula:

$$\tau = \frac{v_t}{g}.\tag{2.14}$$

Viteza în momentul impactului poate fi calculată prin formula:

$$v_{imp} = v_t \sqrt{1 - e^{-\frac{2gh}{v_t^2}}}.$$
 (2.15)

Timpul impactului poate fi calculat prin formula:

$$t_{imp} = \tau \cos^{-1} \left[e^{\frac{h}{\nu_t \tau}} \right]. \tag{2.16}$$

Rezistența la înaintare a semințelor depinde de regimul de curgere a fluxului, laminar sau turbulent. Se apreciază că la trecerea aerului prin tuburile de conducere ale mașinilor de semănat, regimul de curgere este turbulent.

Valorile coeficientului de rezistență al câmpului aerodinamic C și viteza critică de plutire v_c a unor semințe de cereale sunt date în tabelul A.7. Pentru semințele de formă nesferică, secțiunea maestră poate fi determinată prin relația:

$$A = l^2 = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}, \qquad (2.17)$$

unde: a – lungimea; b – lățimea; c – grosimea seminței

Viteza rezultantă (2.13) și timpul caracteristic (2.14) pot fi calculate prin introducerea datelor reale ale coeficienților: masa unei semințe m = 0,348 g (r = 0,4 cm; $\rho_{bob} = 1300$ -1400 kg/m³), coeficientul fluido-dinamic C = 0,22; densitatea aerului $\rho_{aer} = 1,29$ kg/m³; A = 13,25 mm². În rezultat vom obține:

viteza rezultantă: $v_t = 15,4731 \frac{m}{s}$; timpul caracteristic: $\tau = 1,5788 s$.

Luând în considerare faptul că distanța dintre clapeta mobilă și cilindrul canelat se modifică, în mod corespunzător se schimbă și înălțimea de cădere a seminței *h*.

Pentru a calcula viteza v_{imp} și timpul t_{imp} în momentul impactului, prin înlocuirea termenilor din formulele (2.15), (2.16), vom considera valoarea înălțimii de cădere a seminței h=14-20 mm.

Variația vitezei v_{imp} și a timpului t_{imp} în momentul impactului semințelor cu placa, calculate în funcție de înălțimea de cădere *h* de pe clapeta mobilă, sunt prezentate în figura 2.14:



Fig. 2.14. Variația vitezei seminței în momentul impactului cu placa în funcție de înălțimea de cădere a seminței

Din analiza figurii de mai sus se observă că, la variația înălțimii de cădere a seminței, are

loc o creștere liniară a vitezei în momentul impactului și a timpului până la impact.

Când semințele se deplasează din poziția I până la poziția III (Fig. 2.15), impactul are loc cu viteza v_{imp} sub un unghi β cu normala. În punctul de contact cu placa de jos, sămânța își pierde o parte din viteza inițială.

În timpul ciocnirii se realizează legea conservării impulsului: suma vectorială a impulsurilor corpurilor



Fig. 2.15. Schema de mișcare a seminței la pozișia I–II

 $\vec{p}_{initial} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \cdots$ într-un sistem închis rămâne constantă la orice interacțiune dintre corpuri. Conform legii a II-a a lui Newton, ce afirmă că forta este proportională cu produsul dintre

masa și accelerația corpului, obținem:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\frac{v - v_0}{dt} = m\vec{a}.$$
(2.18)

De aici rezultă că:

$$\vec{F} dt = m\vec{v} - m\vec{v_0} = \text{const.}$$
(2.19)

Aici $\vec{F} dt$ reprezintă impulsul forței, iar egalitatea exprimă legea impulsurilor: impulsul forței este egal cu variația impulsului punctului material.

După impactul seminței cu placa, viteza acesteia nu se modifică. Astfel putem considera că masa plăcii m_2 este mult mai mare decât a seminței m_1 , adică $m_2 \gg m_1$. În acest caz $\frac{m_1}{m_2} \rightarrow 0$.

Luând drept factor comun forțat m_2 și având în vedere că placa este în repaus, vom obține:

$$\begin{cases} v_{1}' = 2 \cdot \frac{m_{2} \left(\frac{m_{1}}{m_{2}} \cdot v_{1} + v_{2}\right)}{m_{2} \left(\frac{m_{1}}{m_{2}} + 1\right)} - v_{1} \\ w_{2}' = 2 \cdot \frac{m_{2} \left(\frac{m_{1}}{m_{2}} \cdot v_{1} + v_{2}\right)}{m_{2} \left(\frac{m_{1}}{m_{2}} + 1\right)} - v_{2} \end{cases} \xrightarrow{v_{2}'=0} \begin{cases} v_{1}' = -v_{1} \\ v_{2}' = 0 \end{cases}.$$

$$(2.20)$$

Viteza mișcării seminței după ricoșare de pe placă reprezintă suma a două mișcări individuale – mișcarea cu accelerație gravitațională pe verticală și mișcarea liniară pe orizontală.

După impact, sămânța își va pierde o parte din viteza inițială, iar recuperarea va fi descrisă de un coeficient k, astfel componenta $v_{imp} \sin \gamma$ după direcția peretelui nu se modifică, dar cealaltă își schimbă sensul și devine $kv_{imp} \cos \gamma$.

După ciocnire, bobul va avea viteza:

$$v_r = \sqrt{v_{imp}^2 \sin^2 \gamma + k^2 v_{imp}^2 \cos^2 \gamma} \le v_{imp}.$$
 (2.21)

Forma mai simplificată a ecuației (2.21) va fi:

$$v_r = v_{imp} \sin \gamma \sqrt{1 + k^2 \operatorname{ctg}^2 \gamma} \le v_{imp}.$$
(2.22)

Viteza semințelor v_r după impactul cu placa poate fi calculată cu ajutorul produsului dintre v_{imp} , calculată anterior (2.15) la deplasarea seminței din poziția I spre II, și coeficientul de recuperare a vitezei la impact. Înlocuind datele în formula (2.22), ecuația poate fi scrisă sub forma:

$$v_r = v_t \sin \gamma \sqrt{\left(1 - e^{-\frac{2gh}{v_t^2}}\right) \cdot \left(1 + k^2 \operatorname{ctg}^2 \gamma\right)} \le v_{imp}, \qquad (2.23)$$

unde: $h - \hat{n}$ ălțimea căderii libere a seminței de la cilindrul canelat al aparatelor de distribuție până la punctul de impact cu placa, m; g – accelerația gravitațională, g = 9,81 m/s²;

Unghiul dintre orizontală și începutul traiectoriei de zbor a semințelor ricoșate de la placă γ poate fi calculat din relația:

$$\varepsilon = \gamma + \beta_1. \tag{2.24}$$

Unghiul de cădere a semințelor pe placă β și unghiul de ricoșare sunt exprimate prin relația:

$$\operatorname{tg}\beta_1 = k \cdot \operatorname{tg}\beta, \qquad (2.25)$$

unde β_1 este unghiul de ricoșare a semințelor de pe placă, iar k – coeficientul de recuperare a vitezei la impact, care are valori diferite pentru diferite tipuri de semințe: grâu – 0,54; orz – 0,56; ovăz – 0,44; mazăre – 0,67; hrișcă – 0,52; secară – 0,46.

Rezolvând ecuația (2.25) în funcție de unghiul de ricoșare β_1 și înlocuind în ecuația (2.24) pentru a calcula unghiul γ , vom obține:

$$\gamma = \varepsilon - \operatorname{arctg}(k \cdot \operatorname{tg} \beta). \tag{2.26}$$

Înlocuind termenii ecuației (2.26) cu valorile constructive cunoscute, putem calcula valoarea unghiului γ dintre orizontală și începutul traiectoriei de zbor a semințelor ricoșate de la placă:

$$\gamma = \varepsilon - \operatorname{arctg}(k \cdot \operatorname{tg} \beta) = 42,68^{\circ}. \quad (2.27)$$

Variația valorilor vitezei semințelor v_r (2.23) după punctul de impact cu placa, calculate în funcție de înălțimea de cădere și viteza în momentul impactului a seminței v_{imp} de la poziția I la II, este prezentată în figura 2.16.

Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței după ricoșarea acesteia de la placa de jos sub un unghi ε față de orizontală vom utiliza legea de mișcare pentru un punct material (sămânța) de masă *m*, aruncat în câmp gravitațional, de la înălțimea *h* cu viteza $\overrightarrow{v_r}$, care face cu orizontala unghiul γ . Condițiile inițiale la t = 0 sunt: $x|_{t=t_0} = 0$; $\dot{x}|_{t=t_0} = v_r \cos \gamma$; $y|_{t=t_0} = h$; $\dot{y}|_{t=t_0} =$

 $-v_r \sin \gamma; z|_{t=t_0} = 0; \dot{z}|_{t=t_0} = 0.$

Dacă se neglijează rezistența aerului, atunci ecuațiile de mișcare a bobului sunt:



Fig. 2.16. Variația vitezei seminței după impactul cu placa în funcție de înălțimea de cădere a seminței



Fig. 2.17. Schema de mișcare a seminței la poziția II–III

$$\begin{cases} m\ddot{x} = 0\\ m\ddot{y} = mg\\ m\ddot{z} = 0 \end{cases} \implies \begin{cases} \ddot{x} = 0\\ \ddot{y} = g\\ \ddot{z} = 0 \end{cases} \implies \begin{cases} \dot{x} = C_{1}\\ \dot{y} = -gt + C_{2} = > \\ \dot{z} = C_{3} \end{cases} \qquad \begin{cases} x = C_{1}t + C_{4}\\ y = -\frac{1}{2}gt^{2} + C_{2}t + C_{5}\\ z = C_{3}t + C_{6} \end{cases} (2.28)$$

Punând condițiile inițiale, rezultă următoarele valori ale constantelor de integrare:

$$C_1 = v_r \cos \gamma; \ C_2 = -v_r \sin \gamma; \ C_3 = 0; \ C_4 = 0; \ C_5 = h; \ C_6 = 0$$

Înlocuind aceste valori în ecuația legii de mișcare (2.28), obținem:

$$\begin{cases} \dot{x} = v_x = v_r \cos \gamma \\ \dot{y} = v_y = v_r \sin \gamma + gt \\ \dot{z} = v_z = 0 \end{cases} \implies \begin{cases} x = v_r \cos \gamma t \\ y = -h + v_r \sin \gamma t + \frac{1}{2}gt^2, \\ z = 0 \end{cases}$$
(2.29)

ceea ce reprezintă ecuația parametrică a unei parabole ce se găsește în planul z = 0 (traiectoria este o curbă parabolică cu ramura îndreptată în jos). Conform ecuației, bobul va avea o mișcare curbilinie.

În momentul atingerii plăcii de jos la distanța x_a , valoarea coordonatei pe axa y în sistemul de coordonate va fi y = 0. Pentru a calcula timpul caracteristic acestui moment vom egala ecuația (2.29) cu zero și vom obține:

$$\frac{1}{2}gt^2 + v_r \sin\gamma t - h = 0.$$
 (2.30)

Prin urmare, ecuația (2.30) va avea două soluții:

$$t_{1,2} = \frac{-v_r \sin \gamma \pm \sqrt{v_r^2 \sin \gamma^2 + 2gh}}{g}.$$
 (2.31)

Valoarea negativă corespunde intersecției ramurii parabolei cu partea opusă față de axa y, iar a doua valoare determină timpul momentului de contact cu placa la coborârea seminței. Pentru problemă este favorabilă doar a doua soluție, t > 0. Deci:

$$t = \frac{-v_r \sin \gamma + \sqrt{v_r^2 \sin \gamma^2 + 2gh}}{g}.$$
(2.32)

Din triunghiul IIOIII, format de centrul bobului în poziția II și centrul bobului la poziția III, dreptunghiular la originea axei de simetrie, putem scrie:

$$\sin \varepsilon = \frac{h}{C} \implies h = \sin \varepsilon \cdot C.$$
(2.33)

Înlocuind în ecuația timpului de zbor a bobului (2.32) înălțimea de cădere, obținem:

$$t = \frac{-v_r \sin \gamma + \sqrt{v_r^2 \sin \gamma^2 + 2g \sin \varepsilon \cdot C}}{g}.$$
 (2.34)

Cunoscând ecuația timpului (2.34) și înlocuind această expresie în (2.29) pe ecuația pe axa x, putem obține ecuația necesară pentru a calcula distanța x_a în momentul atingerii plăcii. Astfel:

$$x_A = v_r \cos \gamma \left(\frac{-v_r \sin \gamma + \sqrt{v_r^2 \sin \gamma^2 + 2g \sin \varepsilon \cdot C}}{g} \right).$$
(2.35)

Viteza bobului în punctul de impact cu placa poate fi calculată prin înlocuirea timpului (2.29) caracteristic momentului de impact la distanța de zbor maximală pe orizontală în formulele vitezelor ecuației traiectoriei de zbor:

$$\begin{cases} \dot{x} = v_{ix} = v_r \cos \gamma \\ \dot{y} = v_{iy} = \sqrt{v_r^2 \sin \gamma^2 + 2g \sin \varepsilon \cdot C} \end{cases}$$
 (2.36)

Deoarece viteza după axa Ox este constantă pe toată durata mișcării, rezultă:

$$v_{i} = \sqrt{v_{ix}^{2} + v_{iy}^{2}} = \sqrt{(v_{r}\cos\gamma)^{2} + \left(\sqrt{v_{r}^{2}\sin\gamma^{2} + 2g\sin\varepsilon\cdot C}\right)^{2}}.$$
 (2.37)

Simplificând ecuația (2.37), vom obține:

$$v_i = \sqrt{v_r^2 + 2g\sin\varepsilon \cdot C}.$$
(2.38)

Unghiul dintre viteza rezultantă și orizontală în momentul atingerii solului poate fi calculat:

$$\tan \theta = \left| \frac{v_{iy}}{v_{ix}} \right| = \frac{\sqrt{v_r^2 \sin \gamma^2 + 2g \sin \varepsilon \cdot C}}{v_r \cos \gamma}.$$
 (2.39)

Rezolvând ecuația în funcție de unghiul θ dintre viteza rezultantă și orizontală în momentul atingerii solului, vom obține:

$$\theta = \arctan \frac{v_{iy}}{v_{ix}} = \arctan \frac{\sqrt{v_r^2 \sin \gamma^2 + 2g \sin \varepsilon \cdot C}}{v_r \cos \gamma}$$
(2.40)

Înlocuind termenii ecuațiilor (2.38) și (2.40) cu valorile cunoscute, putem calcula valoarea unghiului θ dintre viteza rezultantă și orizontală în momentul atingerii solului și viteza bobului în punctul de impact cu placa, v_i :

$$v_i = \sqrt{v_t^2 \sin \gamma^2 \left(1 - e^{-\frac{2gh}{v_t^2}}\right) \cdot (1 + k^2 \operatorname{ctg}^2 \gamma) + 2g \sin \varepsilon \cdot C}.$$
 (2.41)

Variația valorilor vitezei în momentul impactului secundar al seminței v_i , calculate în funcție de viteza semințelor v_r după impactul cu placa de la poziția I, este prezentată în figura 2.18.



Fig. 2.18. Variația vitezei seminței la al doilea impact cu placa în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II

Din analiza diagramei prezentate în figura de mai sus se observă că, la mărirea înălțimii de cădere a seminței, durata timpului până la al doilea impact cu placa de jos a dispozitivului de recepție și convertire a fluxului scade datorită majorării vitezei seminței v_r după impactul cu placa la poziția I.

La căderea bobului la poziția III, neglijând unghiul de cădere, acesta are o energie cinetică echivalentă cu energia potențială și cinetică acumulată în zbor (Fig. 2.19.).



Fig. 2.19. Schema de mișcare a seminței la poziția III–IV

În momentul contactului bobului cu placa, energia potențială impune sămânța să se deplaseze cu o mișcare de translație, uniform accelerată. Dacă nu ar exista forța de frecare, atunci ecuația centrului de masă ar avea forma:

$$G\sin\alpha - T = ma. \tag{2.42}$$

După contactul bobului cu placa de jos a dispozitivului de recepție și convertire a fluxului de semințe, acesta capătă o mișcare rotație, iar ecuația va fi:

$$TR = I\omega, \tag{2.43}$$

unde ω este accelerația unghiulară a bobului, iar *I* este momentul de inerție al corpului față de o axă care trece prin centrul de masă, perpendiculară pe plan.

Din acest moment, mișcarea bobului pe planul înclinat este de rostogolire cu alunecare $v_{cm} < R\omega$ (Fig. 2.20.), iar viteza unghiulară a bobului crește de la 0 până se echivalează cu viteza de translație $v_{cm} = R\omega$.

Ecuațiile de mișcare pot fi scrise:

pentru mișcarea de translație:

frecare va fi:

$$G\sin\varepsilon - T = ma$$

Deoarece bobul alunecă, conform legilor frecării, forța de

- pentru mișcarea de rotație: $TR = Ia_r$.



Fig. 2.20. Cinematica mișcării unei semințe pe plan înclinat

$$T = fN = fG\cos\varepsilon = fmg\cos\varepsilon.$$
(2.46)

(2.44)

(2.45)

Substituind în ecuațiile (2.44), (2.45) valoarea forței de frecare, momentului de inerție a corpurile cu forma geometrică sferică care este $I = \frac{2}{5}mR^2$ și masa *m* accelerația bobului va fi:

- pentru mişcarea de translație: $a = g(\sin \varepsilon f \cos \varepsilon)$ (2.47)
- pentru mișcarea de rotație: $a_r = \frac{5fg\cos\varepsilon}{2B}$. (2.48)

Viteza de translație a bobului va descrește datorită forței de frecare dintre suprafață și bob, iar viteză de rotație va tinde să crească până când acestea vor fi egale, $v_{cm} = v_r$. Mișcarea va fi doar de rostogolire, iar ecuațiile vitezelor pentru cele două tipuri de mișcări vor fi:

- pentru mişcarea de translație: $v_{cm} = v_i at$ (2.49)
- pentru mişcarea de rotație: $v_r = \omega R = a_r t R.$ (2.50)

Pentru a calcula timpul și distanța momentului când mișcarea de rostogolire cu alunecare va deveni doar mișcare de rostogolire vom egala ecuațiile (2.49) și (2.50) și vom obține:

$$v_i - at = a_r tR. \tag{2.51}$$

Rezolvând ecuația (2.51) în funcție de timp și înlocuind valorile accelerației calculate anterior în (2.47) și (2.48), vom obține timpul necesar în care mișcarea de rostogolire cu alunecare

va trece în mișcare de rostogolire, iar forma simplificată va fi:

$$t_{ra} = \frac{v_i}{g\left(\sin\varepsilon + \frac{3}{2}f\cos\varepsilon\right)}.$$
(2.52)

Deci ecuațiile parametrice ale traiectoriei de deplasare și vitezei bobului în funcție de timpul t_{ra} caracteristic momentului în care mișcarea devine pur rostogolire sunt:

$$x = v_i t + \frac{1}{2}at^2$$
 (2.53)

$$v = v_i + at. \tag{2.34}$$

Înlocuind în ecuațiile (2.53) și (2.54) valorile obținute mai sus, vom obține forma simplificată:

$$s = \frac{v_i^2}{g} \left(\frac{3\sin\varepsilon + \frac{4}{2}f\cos\varepsilon}{2\left(\sin\varepsilon + \frac{3}{2}f\cos\varepsilon\right)^2} \right)$$
(2.55)

$$v_{ral} = v_i \frac{2\sin\varepsilon + \frac{1}{2}f\cos\varepsilon}{\sin\varepsilon + \frac{3}{2}f\cos\varepsilon}.$$
(2.56)

Înlocuind termenii ecuațiilor (2.56) și (2.57) cu valorile cunoscute, putem calcula valoarea spațiului parcurs de bob *s* și viteza bobului v_{ral} până ca mișcarea să devină rostogolire pură:

$$v_{ral} = \frac{2\sin\varepsilon + \frac{1}{2}f\cos\varepsilon}{\sin\varepsilon + \frac{3}{2}f\cos\varepsilon} \sqrt{v_t^2\sin\gamma^2 \left(1 - e^{-\frac{2gh}{v_t^2}}\right) \cdot (1 + k^2\operatorname{ctg}^2\gamma) + 2g\sin\varepsilon \cdot C}.$$
 (2.57)

Variația valorilor vitezei în momentul când mișcarea va deveni rostogolire pură v_{ral} , calculate în funcție de viteza semințelor v_i după impactul cu placa 0.81de la poziția III, este prezentată în $\vec{z} \approx 0.79$

După ce viteza de rotație a bobului devine mai mare decât viteza de translație, această mișcare va fi descrisă ca mișcare de rostogolire pură $v_{cm} = \omega R$, adică fără alunecare. Astfel, conform legii conservării energiei mecanice, într-un sistem închis, suma tuturor energiilor

figura 2.21.



Fig. 2.21. Variația vitezei seminței la rostogolire cu alunecare în funcție de înălțimea de cădere a seminței

acestuia pe parcursul mișcării va fi constantă $\sum E_{in} = \sum E_{sf} = const.$

La începutul mișcării de rostogolire, bobul va poseda o energie potențială $(E_{p\hat{1}})$, iar apoi, la mișcarea bobului pe un plan înclinat: de translație cu viteza v_{cm} a centrului masei și cea de rotație v_{ral} față de axa ce trece prin centrul de masă. Energia cinetică a bobului în cazul dat va fi descrisă de suma energiilor $(E_{ct\hat{1}} + E_{cr\hat{1}})$ pe care le posedă la ambele mișcări. Energia mecanică la începutul mișcării și energia cinetică de translație și de rotație la sfârșitul deplasării seminței va fi:

$$gh + \frac{1}{2}v_{ral}^2 + \frac{1}{5}v_{ral}^2 = \frac{1}{2}v_{rf}^2 + \frac{1}{5}v_{rf}^2.$$
 (2.58)

Înlocuind valoarea momentului de inerție $I = \frac{2}{5}mR^2$, viteza unghiulară $\omega = \frac{v}{R}$ în ecuația ((2.58) și rezolvând în funcție de viteza bobului, la sfârșitul rostogolirii vom obține:

$$v_{rf} = \sqrt{\frac{10gh + 7\left(\frac{2\sin\varepsilon + \frac{1}{2}f\cos\varepsilon}{\sin\varepsilon + \frac{3}{2}f\cos\varepsilon}\right)^2 \left(v_t^2\sin\gamma^2 \left(1 - e^{-\frac{2gh}{v_t^2}}\right) \cdot (1 + k^2\operatorname{ctg}^2\gamma) + 2g\sin\varepsilon \cdot C\right)}{7}}$$
(2.59)

Înlocuind termenii ecuațiilor (2.59) cu valorile cunoscute, putem calcula valoarea vitezei bobului v_{rf} până ca acesta să părăsească placa înclinată.

Variația valorilor vitezei mișcării de rostogolire pură v_{rf} până ca bobul să părăsească placa, calculate în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II, este prezentată în figura 2.22.



2.2.2 Analiza mișcării semințelor prin tubul de conducere cu rezistența aerului

Asupra unui punct material lansat într-un mediu rezistent, pe lângă greutatea proprie asupra bobului *m*, va acționa și forța pasivă unică, reprezentată prin rezistența aerului de forma $R_z = -cv$, orientată în sens contrar vitezei, cu expresia dată de relația:

$$\overline{F}_{a} = \overline{R}_{z} = -c\overline{v} = -c(\dot{x}\overline{\iota} + \dot{y}j)$$

$$\overline{G} = mg\overline{\jmath}.$$
(2.60)

Prin introducerea notației $\mu = c/m$, aceasta se poate scrie sub forma finală:

$$\bar{G} = mg\bar{j}$$

$$\bar{R} = -\mu m\bar{v} = -\mu m(\dot{x}\bar{\imath} + \dot{y}j),$$
(2.61)

în care μ este o constantă de proporționalitate având dimensiunea [s⁻¹].

Mișcarea va avea loc numai în planul xOy, astfel că ecuațiile diferențiale vor fi:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -\mu m\dot{x} \\ m\ddot{y} = -\mu m\dot{y} + mg \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \ddot{x} + \mu\dot{x} = 0 \quad (1) \\ \ddot{y} + \mu\dot{y} = g \quad (2) \end{cases}$$
(2.62)

Cele două ecuații diferențiale, independente între ele, se integrează separat.

Ecuația (1) este o ecuație diferențială omogenă de ordinul II cu coeficienți constanți. Pentru integrare se alege o soluție de forma:

$$x = Ce^{rt} \neq 0 \qquad \dot{x} = Cre^{rt} \qquad \ddot{x} = Cr^2e^{rt} . \tag{2.63}$$

Se fac înlocuirile în (1) și se găsesc rădăcinile ecuației caracteristice:

$$Ce^{rt}(r^2 + \mu r) = 0 \quad \rightarrow \quad r(r + \mu) = 0 \quad \begin{cases} r_1 = 0 \\ r_2 = -\mu \end{cases}$$
 (2.64)

Cu observația că $e^0 = 1$, soluția ecuației (1) este:

$$x = C_1 e^{r_1 t} + C_2 e^{r_2 t} = C_1 + C_2 e^{-\mu t}, (2.65)$$

în care C_1 și C_2 sunt constante de integrare.

Ecuația (2), având în partea dreaptă un termen liber diferit de 0, este o ecuație diferențială neomogenă de ordinul II cu coeficienți constanți. Soluția este:

$$y = y_{om} + y_p,$$
 (2.66)

în care y_{om} este soluția ecuației omogene; la aceasta se adaugă o soluție particulară y_p , care trebuie să verifice integral ecuația neomogenă.

Ecuația omogenă are aceeași formă cu (1), astfel că soluția va fi:

$$y_{om} = C_3 + C_4 e^{-\mu t}.$$
 (2.67)

Soluția particulară trebuie să fie de aceeași formă cu termenul liber. Fără a intra în detalii teoretice, se alege pentru aceasta un polinom de variabila t, având gradul cu o unitate mai mic decât ordinul ecuației diferențiale:

$$y_p = at + b \rightarrow \dot{y_p} = a \rightarrow \ddot{y_p} = 0.$$
 (2.68)

Coeficienții acestuia se determină prin identificare:

$$\ddot{y}_p + \mu \dot{y}_p \equiv g \rightarrow \mu a \equiv g \rightarrow a = \frac{g}{\mu} \quad b = 0.$$
(2.69)

Soluția particulară va avea în consecință forma:

$$y_p = \frac{g}{\mu}t.$$
 (2.70)

Soluțiile sistemului de ecuații diferențiale (2.62) vor fi:

$$\begin{cases} x = C_1 + C_2 e^{-\mu t} \\ y = C_3 + C_4 e^{-\mu t} + \frac{g}{\mu} t \end{cases} \xrightarrow{\rightarrow} \begin{cases} \dot{x} = -C_2 \mu e^{-\mu t} \\ \dot{y} = -C_4 \mu e^{-\mu t} + \frac{g}{\mu} \end{cases}$$
(2.71)

Cele 4 constante de integrare se determină punând condițiile inițiale:

$$t = 0 \quad \rightarrow \quad \begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \end{cases} \quad \rightarrow \quad \begin{cases} v_x = (\dot{x})_0 = v_0 \cos \alpha \\ v_y = (\dot{y})_0 = v_0 \sin \alpha \end{cases}.$$
(2.72)

Efectuând calculele, rezultă:

$$C_1 = -C_2 = \frac{v_0}{\mu} \cos \alpha \qquad C_3 = -C_4 = \frac{v_0}{\mu} \sin \alpha - \frac{g}{\mu^2}.$$
 (2.73)

2.2.2.1 Traiectoria mișcării seminței de la înălțimea plăcii de jos a dispozitivului de recepție și convertire (pozițiile IV–V)

Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței la ieșirea din dispozitivul de convertire a fluxului de semințe sub un unghi ε față de orizontală vom utiliza legea de mișcare

aplicată pentru un punct material (bobul) de masă *m*, aruncat în câmp gravitațional de la înălțimea *h*, cu viteza $\overrightarrow{v_{rf}}$, care face cu orizontala unghiul ε . Se va lua în considerare și forța aerului, reprezentată prin rezistența mediului, de forma $R_z = -cv$:

Înlocuind aceste valori și constantele (2.73) în ecuația (2.71), vom obține legea de mișcare:

$$\begin{cases} v_x = \dot{x} = v_{rf} \cos \varepsilon \, e^{-\mu t} \\ v_y = \dot{y} = \left(v_{rf} \sin \varepsilon - \frac{g}{\mu} \right) e^{-\mu t} + \frac{g}{\mu}. \quad (2.74) \\ v_z = \dot{z} = 0 \end{cases}$$

Deci ecuațiile parametrice ale traiectoriei de zbor în funcție de timp sunt:



Fig. 2.23. Schema de mişcare a seminței la poziția IV–V

$$\begin{cases} x = \frac{v_{rf}}{\mu} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-\mu t}\right) \\ y = -h_{ip} + \frac{1}{\mu} \left(v_{rf} \sin \varepsilon - \frac{g}{\mu}\right) \left(1 - e^{-\mu t}\right) + \frac{g}{\mu} t. \end{cases}$$

$$(2.75)$$

$$z = 0$$

care reprezintă ecuația unei parabole ce se găsește în planul z = 0 (traiectoria este o curbă parabolică cu ramura îndreptată în jos). Conform ecuației, bobul va avea o mișcare curbilinie.

În momentul atingerii peretelui interior al tubului de conducere la distanța x_{ip} , valoarea coordonatei pe axa y în sistemul de coordonate va fi y = 0. Pentru a calcula timpul caracteristic acestui moment ar trebui să fie exclus din ecuația de mișcare pe axa x (2.75) timpul t și se obține:

$$e^{-\mu t} = 1 - \frac{\mu x_{ip}}{v_{rf} \cos \varepsilon}.$$
(2.76)

Prin urmare:

$$t = -\frac{1}{\mu} \ln \left(1 - \frac{\mu}{\nu_{rf} \cos \varepsilon} x_{ip} \right).$$
(2.77)

Calculându-l pe t și înlocuind această expresie în (2.75), obținem ecuația necesară a traiectoriei pentru momentul când y = 0, iar distanța pe axa orizontală x_{ip} va fi maxim posibilă în funcție de caracteristicile constructive ale tubului de conducere:

$$h_{ip} = \left(\tan\varepsilon - \frac{g}{\mu v_{rf} \cos\varepsilon}\right) x_{ip} - \frac{g}{\mu^2} \ln\left(1 - \frac{\mu}{v_{rf} \cos\varepsilon} x_{ip}\right).$$
(2.78)

Viteza bobului în punctul de impact cu placa poate fi calculată prin înlocuirea timpului (2.77) caracteristic momentului de impact la distanța de zbor maximală pe orizontală în formulele vitezelor (2.74) din ecuația traiectoriei de zbor, iar forma simplificată va fi:

$$\begin{cases} v_{ipx} = v_{rf} \cos \varepsilon - \mu x_{ip} \\ v_{ipy} = v_{rf} \sin \varepsilon - \mu x_{ip} \tan \varepsilon + \frac{g}{v_{rf} \cos \varepsilon} x_{ip} \end{cases}$$
(2.79)

(componenta vitezei după axa Ox este, în tot timpul mișcării, constantă). Rezultă:

$$v_{ip} = \sqrt{v_{ipx}^2 + v_{ipy}^2}$$

= $\sqrt{\left(v_{rf}\cos\varepsilon - \mu x_{ip}\right)^2 + \left(v_{rf}\sin\varepsilon - \mu x_{ip}\tan\varepsilon + \frac{g}{v_{rf}\cos\varepsilon}x_{ip}\right)^2}.$ (2.80)

Unghiul dintre viteza rezultantă și orizontală în momentul atingerii solului este dat de:

$$\tan \gamma_{ip} = \left| \frac{v_{ipy}}{v_{ipx}} \right| = \frac{v_{rf} \sin \varepsilon - \mu x_{ip} \tan \varepsilon + \frac{g}{v_{rf} \cos \varepsilon} x_{ip}}{v_{rf} \cos \varepsilon - \mu x_{ip}}.$$
 (2.81)

Rezolvând ecuația în funcție de unghiul dintre viteza rezultantă și orizontală în momentul atingerii peretelui interior al tubului γ_{ip} , vom obține:

$$\gamma_{ip} = \arctan \frac{v_{ipy}}{v_{ipx}} = \arctan \frac{v_{rf} \sin \varepsilon - \mu x_{ip} \tan \varepsilon + \frac{g}{v_{rf} \cos \varepsilon} x_{ip}}{v_{rf} \cos \varepsilon - \mu x_{ip}}.$$
 (2.82)

Astfel, cunoscând distanța maximă a traiectoriei bobului pe axa OX, adică x_{ip} , putem calcula înălțimea la care bobul va atinge această distanță. Înlocuind termenii ecuațiilor (2.80) și (2.82) cu valorile cunoscute, putem calcula valoarea unghiului dintre viteza rezultantă și orizontală în γ_{ip} și viteza bobului v_{ip} în momentul impactului cu peretele interior al tubului de conducere. Variația valorilor vitezei în momentul impactului v_{ip} , calculate în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II, este prezentată în figura de mai jos:



Fig. 2.24. Variația vitezei seminței și a înălțimii la impactul cu peretele interior al tubului de conducere în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II

2.2.2.2 Impactul bobului cu peretele interior al tubului de conducere (poziția V)

Viteza mișcării bobului după ricoșare de la peretele interior al tubului de conducere reprezintă suma a două mișcări individuale – mișcarea cu accelerație gravitațională pe verticală și mișcarea liniară pe orizontală.

Viteza semințelor v_{tm} (Fig. 2.25) după punctul de impact cu peretele interior al tubului poate fi calculată cu ajutorul produsului dintre v_{ip} , calculată anterior (2.80) la deplasarea seminței între pozițiile IV și V, și coeficientul de recuperare a vitezei la impact. Făcând înlocuirile în formula (2.22), ecuația poate fi scrisă astfel:

 $v_{tm} = v_{ip} \sin \gamma_{tm} \sqrt{1 + k^2 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{tm}} \le v_{ip}$ (2.83),

unde γ_{tm} – unghiul dintre orizontală și vectorul vitezei seminței după ricoșare.

Unghiul dintre orizontală și vectorul vitezei seminței după ricoșare de la peretele interior γ_{tm} poate fi calculat după modelul formulelor (2.24), (2.25) și (2.26), iar ecuația va avea forma:

 $\gamma_{tm} = 90 - arctg(k \cdot tg(90 - \gamma_{ip})). \qquad (2.84)$

Înlocuind termenii ecuațiilor (2.83) și (2.84) cu valorile cunoscute, putem afla valoarea unghiului dintre orizontală și vectorul vitezei după ricoșare γ_{tm} și valoarea vitezei seminței v_{tm} după punctul de impact cu peretele interior al tubului, calculate în funcție de înălțimea de cădere. Variația acestora este prezentată în figura 2.26.



Fig. 2.25. Schema de mișcare a seminței la poziția V



Fig. 2.26. Variația vitezei seminței și a unghiului după impact în funcție de înălțimea de cădere a seminței

2.2.2.3 Legea și traiectoria de zbor a seminței după ciocnire cu peretele interior al tubului de conducere (sectorul V–VI)

Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței după ricoșarea acesteia de la peretele interior al tubului sub un unghi γ_{tm} față de orizontală vom utiliza legea de mișcare aplicată pentru un punct material (bobul) de masă *m*, aruncat în câmp gravitațional de la înălțimea *h*, cu viteza $\overrightarrow{v_{tm}}$, care face cu orizontala unghiul γ_{tm} . Se va lua în considerare și forța aerului, reprezentată prin rezistența mediului, de forma $R_z = -cv$.

Înlocuind aceste valori și constantele (2.73) în ecuația (2.71), vom obține legea de mișcare:

$$\begin{cases} v_x = \dot{x} = v_{tm} \cos \gamma_{tm} e^{-\mu t} \\ v_y = \dot{y} = \left(v_{tm} \sin \gamma_{tm} - \frac{g}{\mu} \right) e^{-\mu t} + \frac{g}{\mu}. \end{cases}$$
(2.85)
$$v_z = \dot{z} = 0$$

Ecuațiile parametrice ale traiectoriei de zbor în funcție de



Fig. 2.27. Schema de mișcare a seminței la poziția V–VI

timp vor fi:

$$\int x = \frac{v_{tm}}{\mu} \cos \gamma_{tm} (1 - e^{-\mu t})$$

$$\begin{cases} \mu \\ y = -h_{tm} + \frac{1}{\mu} \left(v_{tm} \sin \gamma_{tm} - \frac{g}{\mu} \right) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t' \\ z = 0 \end{cases}$$
(2.86)

care reprezintă ecuația unei parabole ce se găsește în planul z = 0 (traiectoria este o curbă parabolică cu ramura îndreptată în jos). Conform ecuației (2.86), bobul va avea o mișcare curbilinie.

În momentul atingerii mijlocului distanței x_{tm} dintre pereții interiori ai tubului de conducere, valoarea coordonatei pe axa y în sistemul de coordonate va fi y = 0. Pentru a calcula timpul caracteristic acestui moment ar trebui să fie exclus din ecuația de mișcare pe axa x (2.22) timpul t și se obține:

$$t = -\frac{1}{\mu} \ln\left(1 - \frac{\mu}{\nu_{tm} \cos \gamma_{tm}} x_{tm}\right). \tag{2.87}$$

Obținând t și înlocuind această expresie în (2.86), obținem ecuația necesară a traiectoriei pentru momentul când y = 0, iar distanța pe axa orizontală x_{tm} va fi la mijlocul distanței dintre pereții tubului de conducere, în funcție de caracteristicile constructive. Prin urmare, egalând cu zero ecuația (2.86) și rezolvând-o în funcție de înălțimea la care bobul va atinge peretele la distanța x_{tm} , vom obține:

$$h_{tm} = \left(\tan\gamma_{tm} - \frac{g}{\mu\nu_{tm}\cos\gamma_{tm}}\right) x_{tm} - \frac{g}{\mu^2} \ln\left(1 - \frac{\mu}{\nu_{tm}\cos\gamma_{tm}}x_{tm}\right).$$
(2.88)

Viteza seminței la distanța x_{tm} poate fi calculată prin înlocuirea timpului (2.23) caracteristic acestui moment în formulele vitezelor (2.85) din sistemul de ecuații pentru traiectoria de zbor:

$$\begin{cases} v_{mx} = v_{tm} \cos \gamma_{tm} - \mu x_{tm} \\ v_{my} = v_{tm} \sin \gamma_{tm} - \mu x_{tm} \tan \gamma_{tm} + \frac{g}{v_{tm} \cos \gamma_{tm}} x_{tm} \end{cases}$$
(2.89)

(componenta vitezei după axa Ox este, în tot timpul mișcării, constantă). Rezultă:

$$v_{m} = \sqrt{v_{mx}^{2} + v_{my}^{2}} = \sqrt{(v_{tm}\cos\gamma_{tm} - \mu x_{tm})^{2} + (v_{tm}\sin\gamma_{tm} - \mu x_{tm}\tan\gamma_{tm} + \frac{g}{v_{tm}\cos\gamma_{tm}}x_{tm})^{2}}.$$
 (2.90)

Astfel, cunoscând mijlocul distanței dintre pereții interiori ai tubului de conducere pe axa OX, adică x_{tm} , putem calcula înălțimea la care bobul va atinge această distanță și valoarea vitezei bobului v_m prin înlocuirea termenilor în ecuațiile (2.90) și (2.88). Variația valorilor vitezei în momentul când bobul atinge mijlocul distanței dintre pereții laterali v_m și înălțimea h_m , calculate în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II, este prezentată în figura 2.28.



Fig. 2.28. Variația vitezei seminței și a înălțimii la mijlocul distanței dintre pereții interiori ai tubului de conducere în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II

2.2.2.4 Legea deplasării seminței prin tubul de conducere (poziția VI–VII)

Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței după ricoșarea acesteia de la peretele interior al tubului sub un unghi γ_m față de orizontală vom utiliza legea de mișcare aplicată pentru un punct material (bobul) de masa *m* (Fig. 2.29), aruncat în câmp gravitațional de la înălțimea *h*, cu viteza $\overrightarrow{v_m}$. Se va lua în considerare și forța aerului, reprezentată prin rezistența mediului, de forma $R_z = -cv$.

Înlocuind aceste valori și constantele (2.73) în ecuația (2.71), vom obține legea de mișcare:

$$v_f = \dot{y} = \left(v_m - \frac{g}{\mu}\right)e^{-\mu t} + \frac{g}{\mu}.$$
 (2.91)

Ecuațiile parametrice ale traiectoriei de zbor în funcție de timp sunt:

$$y = -h_f + \frac{1}{\mu} \left(v_m - \frac{g}{\mu} \right) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t, \qquad (2.92)$$

care reprezintă ecuația liniară ce se găsește în planul x = 0, z = 0 (traiectoria este o linie dreaptă).

În momentul ieșirii seminței din tubul de conducere v_f , valoarea coordonatei pe axa y în sistemul de coordonate va fi y = 0. Prin urmare, egalând cu zero ecuația (2.92) și rezolvând-o în funcție de înălțimea maximă la care bobul va ieși din tubul de conducere h_f , vom obține:



Fig. 2.29. Schema de mișcare a seminței la poziția VI–VII

$$h_f = \frac{1}{\mu} \left(v_m - \frac{g}{\mu} \right) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t.$$
 (2.93)

Astfel, cunoscând distanța până la ieșirea seminței din tubul de conducere h_f , putem calcula vitezei bobului v_f prin înlocuirea termenilor ecuațiilor (2.91) și (2.93). Variația valorilor vitezei în momentul ieșirii bobului v_f și înălțimea h_f , calculate în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II, este prezentată în figura 2.30.



Fig. 2.30. Variația vitezei seminței și a distanței la ieșirea seminței din tub în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II

În sectorul de distribuție, bobul iese din tubul de conducere nimerind în zona de încorporare în sol, unde este fixat de un strat de pământ, oprind astfel mișcarea seminței.

2.2.3 Analiza mișcării semințelor prin tubul de conducere în condițiile transportării forțate

Asupra unui punct material (bobul, cu masa *m*) lansat într-un mediu, pe lângă greutatea proprie va acționa și forța reprezentată prin forța portantă a aerului, de forma $R_p = cv$, orientată în sensul vitezei, cu expresia dată de relația:

$$\overline{F_p} = \overline{R_p} = c\overline{v} = c(\dot{x}\overline{\iota} + \dot{y}j)$$

$$\overline{G} = mg\overline{j}.$$
(2.94)

Prin introducerea notației $\mu = c/m$, se poate obține sub forma finală:

$$G = mg\bar{j}$$

$$\bar{R} = \mu m\bar{v} = \mu m(\dot{x}\bar{\iota} + \dot{y}j),$$
(2.95)

în care μ este o constantă de proporționalitate având dimensiunea [s^{-1}]. Mișcarea va avea loc numai în planul xOy, astfel că ecuațiile diferențiale vor fi:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -\mu_x m\dot{x} \\ m\ddot{y} = \mu_y m\dot{y} + mg \end{cases} \xrightarrow{\rightarrow} \begin{cases} \ddot{x} + \mu_x \dot{x} = 0 \quad (1) \\ \ddot{y} - \mu_y \dot{y} = g \quad (2) \end{cases}$$
(2.96)

Cele două ecuații diferențiale, independente între ele, se integrează separat.

Integrând ecuația (1) cu înlocuirea soluțiilor după metoda de mai sus ((2.66), (2.67)), cu observația că $e^0 = 1$, soluția ecuației (1) este:

$$x = C_1 e^{r_1 t} + C_2 e^{r_2 t} = C_1 + C_2 e^{-\mu_x t}, (2.97)$$

în care C_1 și C_2 sunt constante de integrare.

Ecuația (2), având în partea dreaptă un termen liber diferit de 0, este o ecuație diferențială neomogenă de ordinul II cu coeficienți constanți. Soluția este:

$$y = y_{om} + y_{p,} \tag{2.98}$$

în care y_{om} este soluția ecuației omogene; la aceasta se adaugă o soluție particulară y_p , care trebuie să verifice integral ecuația neomogenă.

Ecuația omogenă (2) nu are aceeași formă ca (1), dar este o ecuație diferențială omogenă de ordinul II cu coeficienți constanți. Pentru integrare se alege o soluție de forma:

$$y = Ce^{pt} \neq 0 \qquad \dot{y} = Cpe^{pt} \qquad \ddot{y} = Cp^2 e^{pt} . \tag{2.99}$$

Se fac înlocuirile în (1) și se găsesc rădăcinile ecuației caracteristice:

$$Ce^{rt}(p^2 - \mu_y p) = 0 \quad \rightarrow \quad p(p - \mu_y) = 0 \quad \begin{cases} p_1 = 0 \\ P_2 = \mu_y \end{cases}$$
 (2.100)

Cu observația că $e^0 = 1$, soluția ecuației omogene este:

$$y_{om} = C_3 + C_4 e^{\mu_y t}.$$
 (2.101)

Soluția particulară va avea forma ca ecuația (2.73). Deci soluțiile sistemului de ecuații diferentiale (2.96) vor fi:

$$\begin{cases} x = C_1 + C_2 e^{-\mu_x t} \\ y = C_3 + C_4 e^{\mu_y t} + \frac{g}{\mu} t \end{cases} \xrightarrow{\rightarrow} \begin{cases} \dot{x} = -C_2 \mu_x e^{-\mu_x t} \\ \dot{y} = C_4 \mu_y e^{\mu_y t} + \frac{g}{\mu_y} \end{cases}$$
(2.102)

Cele 4 constante de integrare se determină punând condițiile inițiale (2.75) și obținem:

$$C_1 = -C_2 = -\frac{v_0}{\mu_x} \cos \alpha \qquad C_3 = -C_4 = -\frac{v_0}{\mu_y} \sin \alpha + \frac{g}{\mu_y^2}.$$
 (2.103)

2.2.3.1 Legea și traiectoria de zbor a seminței de la înălțimea plăcii de jos a dispozitivului de recepție și convertire a fluxului de semințe (pozițiile IV–V)

Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței la ieșirea din dispozitivul de convertire a fluxului de semințe, sub un unghi ε față de orizontală vom utiliza legea de mișcare aplicată pentru un punct material (bobul) de masă *m*, aruncat în câmp gravitațional de la înălțimea *h*, cu viteza $\overrightarrow{v_{rf}}$, care face cu orizontala unghiul ε . Se va lua în considerare și forța portantă a aerului, orientată în sensul vitezei de deplasare, de forma $R_p = cv$.



Înlocuind aceste valori și constantele (2.103) în ecuația (2.102), obținem legea de mișcare:

Fig. 2.31. Schema de mișcare a seminței la poziția IV–V

$$\begin{cases} v_x = \dot{x} = v_{rf} \cos \varepsilon \, e^{-\mu_x t} \\ v_y = \dot{y} = \left(v_{rf} \sin \varepsilon - \frac{g}{\mu_y} \right) e^{\mu_y t} + \frac{g}{\mu_y} \ge v_a. \\ v_z = \dot{z} = 0 \end{cases}$$
(2.104)

Deci ecuațiile parametrice ale traiectoriei de zbor în funcție de timp sunt:

$$\begin{cases} x = \frac{v_{rf}}{\mu_x} \cos \varepsilon \left(1 - e^{-\mu_x t}\right) \\ y = -h_{ip} + \frac{1}{\mu_y} \left(v_{rf} \sin \varepsilon - \frac{g}{\mu_y}\right) \left(e^{\mu_y t} - 1\right) + \frac{g}{\mu_y} t. \end{cases}$$

$$(2.105)$$

$$z = 0$$

care reprezintă ecuația unei parabole ce se găsește în planul z = 0 (traiectoria este o curbă parabolică cu ramura îndreptată în jos). Conform ecuației, bobul va avea o mișcare curbilinie.

Obținând *t* după modelul (2.78) și înlocuind această expresie în (2.105), avem ecuația necesară a traiectoriei pentru momentul când y = 0, iar distanța pe axa orizontală x_{ip} va fi maxim posibilă în funcție de caracteristicile constructive ale tubului de conducere:

$$h_{ip} = \frac{\mu_x x_{ip} (\mu_y v_{rf} \sin \varepsilon - g)}{\mu_y^2 (v_{rf} \cos \varepsilon - \mu_x x_{ip})} - \frac{g}{\mu_y \mu_x} \ln \left(1 - \frac{\mu_x}{v_{rf} \cos \varepsilon} x_{ip} \right).$$
(2.106)

Viteza bobului în punctul de impact cu placa poate fi calculată prin înlocuirea timpului caracteristic în formula (2.104) a ecuației traiectoriei de zbor, iar forma simplificată va fi:

$$\begin{cases} v_{ipx} = v_{rf} \cos \varepsilon - \mu_x x_{ip} \\ v_{ipy} = \frac{\mu_y v_{rf}^2 \sin 2\varepsilon - 2g\mu_x x_{ip}}{2\mu_y (v_{rf} \cos \varepsilon - \mu_x x_{ip})} \end{cases}$$
(2.107)

(componenta vitezei după axa Ox este, în tot timpul mișcării, constantă). Rezultă:

$$v_{ip} = \sqrt{v_{ipx}^2 + v_{ipy}^2} = \sqrt{\left(v_{rf}\cos\varepsilon - \mu_x x_{ip}\right)^2 + \left(\frac{\mu_y v_{rf}^2 \sin 2\varepsilon - 2g\mu_x x_{ip}}{2\mu_y \left(v_{rf}\cos\varepsilon - \mu_x x_{ip}\right)}\right)^2}.$$
 (2.108)

Unghiul dintre viteza rezultantă și orizontală γ_{ip} , calculat după (2.81) și (2.82), va fi:

$$\gamma_{ip} = \arctan \frac{v_{ipy}}{v_{ipx}} = \arctan \frac{\mu_y v_{rf}^2 \sin 2\varepsilon - 2g\mu_x x_{ip}}{2\mu_y (v_{rf} \cos \varepsilon - \mu_x x_{ip})^2}.$$
(2.109)

Astfel, cunoscând distanța maxima a traiectoriei bobului pe axa Ox, adică x_{ip} , putem calcula înălțimea la care bobul va atinge această distanță. Înlocuind termenii ecuațiilor (2.108) și (2.109) cu valorile cunoscute, putem calcula valoarea unghiului dintre viteza rezultantă și orizontală în γ_{ip} , precum și viteza bobului v_{ip} în momentul impactului cu peretele interior al tubului de conducere. Variația valorilor vitezei în momentul impactului v_{ip} , calculate în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II, este prezentată în figura 2.32.



Fig. 2.32. Variația vitezei seminței la impact și înălțimea de impact al seminței cu peretele tubului de conducere în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II

2.2.3.2 Impactul bobului cu peretele interior al tubului de conducere (poziția V)

Viteza semințelor v_{tm} (Fig. 2.42) după punctul de impact cu peretele interior al tubului poate fi calculată cu ajutorul produsului dintre v_{ip} , calculată anterior (2.108) la deplasarea seminței în sectorul IV–V, și coeficientul de recuperare a vitezei la impact. Făcând înlocuirile în formula (2.22), ecuația obține forma:

 $v_{tm} = v_{ip} \sin \gamma_{tm} \sqrt{1 + k^2 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{tm}} \le v_{ip},$ (2.110) unde γ_{tm} este unghiul dintre orizontală și vectorul vitezei seminței după ricoșare;

Unghiul dintre orizontală și vectorul vitezei seminței după ricoșare de la peretele interior γ_{tm} este calculat după modelul (2.84), (2.85), (2.86) și rezolvând în funcție de unghiul γ_{tm} , vom obține:

$$\gamma_{tm} = 90 - arctg(k \cdot tg(90 - \gamma_{ip})). \qquad (2.111)$$

Înlocuind termenii ecuațiilor (2.110) și (2.111) cu valorile cunoscute, putem calcula: valoarea unghiului dintre orizontală și vectorul vitezei după ricoșare γ_{tm} , precum și valoarea vitezei seminței v_{tm} după punctul de impact cu peretele interior al tubului, în funcție de înălțimea de cădere de la poziția I–II. Variația acestora este prezentată în figura 2.34.



Fig. 2.33. Schema de mișcare a seminței la poziția V



Fig. 2.34. Variația vitezei seminței și a unghiului dintre aceasta și orizontală după impactul cu peretele interior al tubului în funcție de înălțimea de cădere a seminței

2.2.3.3 Legea și traiectoria de zbor a seminței după ciocnire cu peretele interior al tubului de conducere (poziția V–VI)

Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței după ricoșarea acesteia de la peretele interior al tubului sub un unghi γ_{tm} față de orizontală vom utiliza legea de mișcare aplicată pentru un punct material de masă *m*, aruncat în câmp gravitațional de la înălțimea *h* cu viteza $\overrightarrow{v_{tm}}$, care face cu orizontala unghiul γ_{tm} . Se va lua în considerare și forța portantă a aerului, orientată în sensul vitezei de deplasare, de forma $R_p = cv$.

Înlocuind aceste valori și constantele (2.103) în ecuația (2.102), obținem legea de mișcare:

$$\begin{cases} v_x = \dot{x} = v_{tm} \cos \gamma_{tm} e^{-\mu_x t} \\ v_y = \dot{y} = \left(v_{tm} \sin \gamma_{tm} - \frac{g}{\mu_y} \right) e^{\mu t} + \frac{g}{\mu_y} \ge v_a. \quad (2.112) \\ v_z = \dot{z} = 0 \end{cases}$$



Fig. 2.35. Schema de mișcare a seminței la poziția V–VI

Deci ecuațiile parametrice ale traiectoriei de zbor în funcție de timp sunt:

$$\begin{cases} x = \frac{v_{tm}}{\mu_x} \cos \gamma_{tm} \left(1 - e^{-\mu_x t} \right) \\ y = -h_{tm} + \frac{1}{\mu_y} \left(v_{tm} \sin \gamma_{tm} - \frac{g}{\mu_y} \right) \left(e^{\mu_y t} - 1 \right) + \frac{g}{\mu_y} t' \\ z = 0 \end{cases}$$
(2.113)

care reprezintă ecuația unei parabole ce se găsește în planul z = 0 (traiectoria este o curbă parabolică cu ramura îndreptată în jos). Conform ecuației, bobul va avea o mișcare curbilinie.

În momentul atingerii mijlocului distanței x_{tm} dintre pereții interiori ai tubului de conducere, valoarea coordonatei pe axa y în sistemul de coordonate va fi y = 0. Pentru a calcula timpul caracteristic acestui moment ar trebui să fie exclus din ecuația de mișcare pe axa x (2.113) timpul t și se obține:

$$t = -\frac{1}{\mu_x} \ln\left(1 - \frac{\mu_x}{v_{tm} \cos \gamma_{tm}} x_{tm}\right).$$
(2.114)

Calculându-l astfel pe t și înlocuind această expresie în (2.113), obținem ecuația necesară a traiectoriei pentru momentul când y = 0, iar distanța pe axa orizontală x_{tm} va fi la mijlocul distanței dintre pereții tubului de conducere, în funcție de caracteristicile constructive. Prin urmare, egalând cu zero ecuația și rezolvând-o în funcție de înălțimea la care bobul va atinge peretele la distanța x_{tm} , vom obține:

$$h_{tm} = \frac{\mu_x x_{tm} (\mu_y v_{tm} \sin \gamma_{tm} - g)}{\mu_y^2 (v_{tm} \cos \gamma_{tm} - \mu_x x_{tm})} - \frac{g}{\mu_y \mu_x} \ln\left(1 - \frac{\mu_x}{v_{tm} \cos \gamma_{tm}} x_{tm}\right).$$
(2.115)

Viteza seminței la distanța x_{tm} poate fi calculată prin înlocuirea timpului (2.114) caracteristic acestui moment în formulele vitezelor (2.112) pentru ecuația traiectoriei de zbor:

$$\begin{cases}
v_{mx} = v_{tm} \cos \gamma_{tm} - \mu_x x_{tm} \\
v_{my} = \frac{\mu_y v_{tm}^2 \sin 2\gamma_{tm} - 2g\mu_x x_{tm}}{2\mu_y (v_{tm} \cos \gamma_{tm} - \mu_x x_{tm})}
\end{cases} (2.116)$$

(componenta vitezei după axa Ox este, în tot timpul mișcării, constantă). Rezultă:

$$v_m = \sqrt{(v_{tm}\cos\gamma_{tm} - \mu_x x_{tm})^2 + \left(\frac{\mu_y v_{tm}^2 \sin 2\gamma_{tm} - 2g\mu_x x_{tm}}{2\mu_y (v_{tm}\cos\gamma_{tm} - \mu_x x_{tm})}\right)^2}.$$
 (2.117)

Astfel, cunoscând mijlocul distanței dintre pereții interiori ai tubului de conducere pe axa Ox, adică x_{tm} , putem calcula înălțimea la care bobul va atinge această distanță și valoarea vitezei bobului v_m prin înlocuirea termenilor în ecuațiile (2.115) și (2.117). Variația valorilor vitezei în momentul când bobul atinge mijlocul distanței dintre pereții laterali v_m și înălțimea h_m , calculate în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II, este prezentată în figura 2.36.



Fig. 2.36. Variația vitezei seminței și a înălțimii la mijlocul distanței dintre pereții interiori ai tubului de conducere în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II

2.2.3.4 Legea deplasării seminței prin tubul de conducere (poziția VI–VII)

Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței după ricoșarea acesteia de la peretele interior al tubului sub un unghi γ_m față de orizontală vom utiliza legea de mișcare aplicată pentru un punct material (bobul) de masă *m* (Fig. 2.37), aruncat în câmp gravitațional de la înălțimea *h* cu viteza $\overrightarrow{v_m}$. Se va lua în considerare și forța portantă a aerului, orientată în sensul vitezei de deplasare, de forma $R_p = cv$.



Fig. 2.37. Schema mișcării seminței la poziția VI–VII

Înlocuind aceste valori și constantele (2.103) în ecuația (2.102), obținem legea de mișcare:

$$v_s = \dot{y} = \left(v_m - \frac{g}{\mu_y}\right)e^{\mu_y t} + \frac{g}{\mu_y} \ge v_a.$$
 (2.118)

Ecuația parametrică a traiectoriei de zbor în funcție de timp este:

$$y = -h_s + \frac{1}{\mu_y} \left(v_m - \frac{g}{\mu_y} \right) (e^{\mu_y t} - 1) + \frac{g}{\mu_y} t, \qquad (2.119)$$

care reprezintă ecuația liniară ce se găsește în planul x = 0, z = 0 (traiectoria este o linie dreaptă).

În momentul când viteza bobului v_s va fi egală cu viteza aerului v_a , valoarea coordonatei pe axa y în sistemul de coordonate va fi y = 0. Prin urmare, egalând cu zero ecuația (2.119) și rezolvând în funcție de înălțimea maximă h_s la care se va respecta condiția $v_s = v_a$, vom obține:

$$h_s = \frac{1}{\mu_y} \left(v_m - \frac{g}{\mu_y} \right) (e^{\mu_y t} - 1) + \frac{g}{\mu_y} t.$$
(2.120)

Astfel, cunoscând viteza aerului v_a și respectând condiția impusă mai sus față de viteza bobului, $v_s = v_a$, putem calcula timpul care corespunde acestui moment și distanța parcursă de acesta prin înlocuirea termenilor în ecuațiile (2.118) și (2.120). Variația valorilor timpului și a înălțimii h_s , cu condiția impusă față de viteza bobului $v_s = v_a$, calculate în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II, este prezentată în figura 2.38.



Fig. 2.38. Variația distanței parcurse de sămânță și a timpului până la momentul în care viteza seminței este egală cu viteza aerului $(v_s=v_a)$, în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II

După momentul egalării vitezei bobului cu viteza aerului ($v_s = v_a$), acesta se va deplasa într-un mediu rezistent, viteza bobului fiind mai mare decât viteza aerului ce va acționa ca o forță pasivă unică asupra bobului. Pentru a determina ecuația traiectoriei de zbor a seminței vom utiliza legea de mișcare aplicată pentru un punct material (bobul) de masă *m* (Fig. 2.37), aruncat în câmp gravitațional de la înălțimea h_f cu viteza $\vec{v_s}$. Se va lua în considerare și forța aerului, reprezentată prin rezistența mediului, de forma $R_z = -cv$.

În acest caz, legea de mișcare a seminței va fi:

$$v_{f'} = \dot{y} = \left(v_s - \frac{g}{\mu}\right)e^{-\mu t} + \frac{g}{\mu'}$$
 (2.121)

iar ecuația parametrică a traiectoriei de zbor în funcție de timp va fi:

$$y = -h_{f'} + \frac{1}{\mu} \left(v_s - \frac{g}{\mu} \right) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t.$$
 (2.122)

Prin urmare, egalând cu zero ecuația (2.122) și rezolvând în funcție de înălțimea maximă la care bobul va ieși din tubul de conducere h_f , vom obține:

$$h_{f'} = \frac{1}{\mu} \left(v_s - \frac{g}{\mu} \right) (1 - e^{-\mu t}) + \frac{g}{\mu} t.$$
 (2.123)

Astfel, cunoscând distanța până la ieșirea seminței din tubul de conducere h_f , putem calcula vitezei bobului v_f la care bobul va atinge această distanță prin înlocuirea termenilor în ecuațiile (2.121) și (2.123). Reprezentarea grafică a vitezei în momentul ieșirii bobului v_f și a înălțimii h_f , calculate în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II, este prezentată în figura 2.39.



Fig. 2.39. Variația vitezei seminței la ieșirea din tubul de conducere în funcție de înălțimea de cădere a seminței la poziția I–II

Din sistemul de distribuție, bobul iese prin tubul de conducere și nimerește în zona de încorporare în sol, unde este fixat de un strat de pământ, oprind astfel mișcarea seminței.

Rezultatele preliminare arată că viteza fluxului de aer la care nu sunt deteriorate semințele este cuprinsă între 8,5-9,0 m/s.

2.2.4 Analiza mișcării semințelor după ieșirea din tubul de conducere

Cu scopul estimării influenței rezistenței aerului asupra parametrilor traiectoriei de zbor a semințelor în brazdă (Fig. 2.40), vom lua în considerare cazul când vectorul vitezei inițiale V₀ este îndreptat orizontal ($\Theta = 0$).

Vom stabili începutul coordonatelor în punctul de ieșire din tubul de conducere și vom trasa axa x în direcția deplasării semănătorii, iar axa y vertical, în jos.

Forța de rezistență a aerului care apare în timpul zborului semințelor poate fi descrisă prin ecuatia lui I. Newton:

(2.124)

$$R = k \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot sV^2,$$

unde: R – forța de rezistență a aerului;

- s secțiunea maestră a seminței;
- γ densitatea aerului;
- V viteza semintelor;
- k coeficientul de rezistență adimensional.

Ecuatia de miscare a semintelor din figura 2.40 poate fi scrisă în felul următor:

$$j = \frac{R}{m} = \frac{g}{G} \cdot R, \qquad (2.125)$$

unde: G – masa semintelor.

Înlocuind în ecuația (2.124) valoarea lui *R*, exprimată prin relația (2.125), și notând $\frac{s\gamma}{G} \cdot k =$ A, vom obtine:

$$j = AV^2.$$
 (2.126)

Având $AV^2 = F(V)$, ecuația (2.126) obține următoarea formă:

$$i = F(V).$$
 (2.127)

Funcția data exprimă dependența creșterii rezistenței față de viteză și reprezintă prin sine legea rezistenței aerului.

Ecuația mișcării seminței din figura 2.40 în sistemul de coordonate va avea forma:

$$m\ddot{x} = -R\cos\theta$$

$$m\ddot{y} = mg - R\sin\theta.$$
(2.128)

Notând $\cos \theta = \frac{\dot{x}}{v}$; iar $\sin \theta = \frac{\dot{y}}{v}$, obținem:

$$m\ddot{x} = -\frac{Rx}{V}$$

$$m\ddot{y} = mg - \frac{R\dot{y}}{V},$$
(2.129)

pentru condițiile inițiale când t = 0; $\dot{x} = V_0$; $\dot{y} = 0$.



mg=G

Rcos Θ

RsinO

zbor a semințelor în brazdă

Introducând valoarea lui R și j și reducând (2.129) cu m, obținem:

$$\ddot{x} = \frac{F(V)\dot{x}}{V}$$

$$\ddot{y} = g - \frac{F(V)\dot{y}}{V}.$$
(2.130)

În termeni generali, aceste ecuații nu sunt integrate și se rezolvă prin integrare numerică. Rezolvând ecuațiile (2.130) [79], vom obține expresia pentru x în forma următoare:

$$x = V_0 \sqrt{\frac{2y}{g} \left(1 - \frac{Ay}{6}\right)}.$$
 (2.131)

Astfel, obținem ecuațiile pentru determinarea parametrilor traiectoriei de zbor a semințelor la fundul brazdei, luând în considerare rezistența aerului:

- unghiul de impact cu solul:

$$tg \ \theta = \frac{\sqrt{2gh}}{V_0} \left(1 + \frac{Ah}{2}\right); \tag{2.132}$$

- timpul de cădere a semințelor:

$$t = \frac{\sqrt{2h}}{g} \left(1 + \frac{Ah}{6} \right); \tag{2.133}$$

- distanța de zbor de la punctul de evacuare din tubul de conducere până la punctul de impact la fundul brazdei:

$$D = V_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} \left(1 - \frac{Ah}{6} \right).$$
 (2.134)

Trebuie de menționat că expresiile (2.132), (2.133) și (2.134) diferă de ecuația traiectoriei de zbor a semințelor fără a lua în calcul rezistența aerului. Numai expresiile din paranteze au un grad înalt de precizie în calcularea unghiului de impact cu solul, a timpului de cădere a semințelor și a distanței, cu și fără luarea în considerare a rezistenței aerului [79].

2.2.5 Simularea asistată de calculator a fluxului de semințe în dispozitivul de recepție și convertire

SolidWorks Motion Analisys folosește perechile asamblărilor împreună cu contactele pieselor efectuând un calcul fizic al forțelor și mișcărilor ansamblului așa cum s-ar mișca în sarcinile mediului (forțe externe) și sarcinile interne [75].

Pentru o protopipare cât mai reală, modelului i-au fost atribuite caracteristicile materialului din masă plastică de tip ABS (Acrilonitril Butadein Stiren), care face parte din biblioteca de materiale ale programului SolidWorks [75]. În loc de semințe au fost proiectate bile cu secțiunea maestră și densitatea aproximativ egale cu cele ale semințelor cerealiere. Cilindrul canelat a fost

acționat de un motor virtual cu posibilitatea de modificare a vitezei de rotație [74].

Conform modelului, după acționarea butonului de pornire, semințele din cutie nimeresc în caseta dispozitivului de dozare, după care sunt antrenate de cilindrul canelat și evacuate către dispozitivul de recepție unde are loc uniformizarea fluxului de semințe.

Simulările au fost efectuate la diferite viteze de rotație constante și cu diferiți parametri ai dispozitivului de recepție și convertire a fluxului până a fost stabilită construcția optimă potrivită scopurilor propuse (Fig. 2.41).



Fig. 2.41. Simularea asistată de calculator a cinematicii și dinamicii fluxului de semințe care trece prin dispozitivul de recepție și convertire

Dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe (Fig. 2.42) este efectuat sub un unghi $\varepsilon = 30^{\circ}$ față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă și înclinat contra direcției deplasării semănătorii.



Fig. 2.42. Reprezentarea grafică a parametrilor constructivi ai dispozitivului de recepție și convertire a fluxului de semințe:
a) vedere generală; b) vederea A-A; c) vederea B-B

Principalii parametri constructivi sunt descriși prin două figuri geometrice deplasate la o distanță care să permită convertirea fluxului $L_{conv} \ge 2Ds_s$. Prima figură este dreptunghiulară, cu o latură de lungimea L_d egală cu lățimea clapetei mobile L_{lc} sau distanța dintre pereții laterali ai aparatului de distribuție și o latură circumferică. Aria figurii S_D este egală sau mai mare cu aria secțiunii transversale a fluxului S_f . A doua figură este aproximativ elipsoidală, cu raza de jos R_j mai mare sau egală cu raza secțiunii maestre a seminței, iar aria figurii S_E este egală sau mai mare cu aria secțiunii transversale a fluxului S_f .

După evacuarea de pe clapeta mobilă (4), sub acțiunea forței gravitaționale, semințele nimeresc în dispozitivul de recepție și convertire (9) (Fig. 2.43), efectuat sub un unghi $\varepsilon = 1-45^{\circ}$ față de axa verticală de scurgere a seminței de pe clapeta mobilă și înclinat contra direcției deplasării semănătorii.



Fig. 2.43. Părțile componente ale dispozitivului de dozare și ale dispozitivului de recepție și convertire a fluxului de semințe: a) ansamblu desfăsurat; b) vedere din fată

În timpul deplasării semințelor prin dispozitivul de recepție și convertire (9) (Fig. 2.43 a), b); Fig. 2.42 a)), datorită parametrilor constructivi ai dispozitivului (Fig. 2.42 a), b), c)), descriși mai sus, fluxul de semințe își modifică axa de repartizare din perpendiculară pe axa rigolei în paralelă (de-a lungul rigolei) în plan orizontal, ceea ce duce la o suprafață de repartizare mai uniformă de-a lungul rigolei.

Diametrul secțiunii transversale a fluxului de semințe la evacuare din dispozitivul de recepție și convertire este mai mic de ≤20 mm.

Dispozitivul de recepție și convertire poate fi adaptat la transportarea semințelor atât sub

acțiunea forței gravitaționale, cât și la transportarea forțată prin folosirea fluxului de aer cu suprapresiune creat de ventilator.

2.2.6 Simularea asistată de calculator a fluxului de semințe în dispozitivul de recepție și convertire și în tubul de conducere cu flux de aer

Modulul de analiză și simulare a fluxului, care este integrat actualmente în programul CAD DS SolidWorks, poate reprezenta vizual rezultatele simulării fluxului.

Flow Simulation și intuitiv Computational Fluid Dynamics (CFD) sunt instrumente care permit simularea de curgere a fluidului și gazelor în condiții reale și analiză eficientă detaliată a efectelor de curgere a fluidului, transferului de căldură și forțelor conexe asupra componentelor de imersare sau în jurul lor [80,24,81,82].

La analiza rezultatelor simulării asistate de calculator a fluxului de aer în tubul de conducere propus (Fig. 2.44 a)), la diferite viteze ale aerului ($V_a = 4$, 8 m/s), se observă că viteza curenților de aer creați în dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe este minimală și nu are influență asupra deplasării semințelor de-a lungul dispozitivului, dar la majorarea vitezei aerului în tubul de conducere semințele au tendința de centrare.

Simularea asistată de calculator a traiectoriei de zbor a semințelor (Fig. 2.44 b), c)) cu particule virtuale cărora li s-au atribuit caracteristici cât mai apropiate de materialul semincer (diametrul secțiunii maestre, densitatea materialului) demonstrează că, la



majorarea vitezei aerului în tubul de conducere, particulele au tendința de centrare. Aceasta duce

la micșorarea numărului de ciocniri cu pereții interiori ai tubului de conducere și a timpului de transportare către zona de încorporarea în sol.

2.3 Concluzii

- 1. În baza cercetărilor teoretice și a simulării la calculator prin intermediul softului SolidWorks s-a stabilit că: modelul teoretic de cercetare propus pentru variațiile ariilor suprafețelor de lucru (S_{li} = S_{lci} + S_{lsai}) în 12 puncte pe lungimea arcului format de canelură are o precizie mai mare față de modelul de cercetare a volumului de lucru; parametrii constructivi ai cilindrului canelat trebuie să respecte ecuația amplitudinii absolute A_{asl} = $S_{lmax} - S_{lmin} \le 20S_s$, ceea ce corespunde cu unghiul de răsucire a canelurilor $\alpha_{rc}=22^\circ$, aproximativ egal cu unghiul $\alpha_{elic}=13,65^\circ$ efectuat după linie elicoidală, iar linia de tăiere a părții capătului posterior al clapetei mobile trebuie să fie sub unghiul de lucru $\delta_{lcl} = 8^\circ$ la lungimea de lucru a cilindrului canelat $L_{lc} = 33$ mm.
- 2. Parametrii constructivi şi funcționali ai sistemului de transportare al semănătorii pentru culturi cerealiere trebuie să corespundă următoarelor cerințe: dispozitivul de recepție şi convertire a fluxului de semințe propus pentru eliminarea ciocnirilor haotice în tubul de conducere şi evitarea inversiunii trebuie să fie efectuat sub un unghi ε = 30° față de axa verticală de scurgere a semințelor, cu o lungime dintre suprafețele exterioare care să permită convertirea fluxului L_{conv} ≥ 2Ds_s, iar aria secțiunii transversale pe lungimea dispozitivului de recepție şi convertire trebuie să fie mai mare sau egală cu aria secțiunii transversale a fluxului (sau ≤20 mm).
- În urma studiului teoretic al construcției şi principiului de funcționare a dispozitivelor de distribuție a fost elaborat şi obținut 1 brevet de invenție privind construcția acestora (brevet de invenție nr. 989 din 02.06.2015).
- 4. Viteza curenților de aer turbionari este minimală în dispozitivul de recepție şi convertire a fluxului de semințe, la viteze ale aerului în tubul de conducere de 4 şi 8 m/s, şi nu influențează deplasarea semințelor de-a lungul dispozitivului, iar la viteza aerului de 8 m/s în tubul de conducere, acestea au tendința de centrare, ceea ce duce la micșorarea numărului de ciocniri de pereții interiori ai tubului de conducere şi la reducerea timpului de transportare către zona de încorporarea în sol.

3 METODOLOGIA CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE

Cercetările experimentale pentru determinarea uniformității de distribuție a semințelor au ca scop analiza influenței unghiurilor active de lucru ale canelurilor, unghiului posterior al clapetei mobile și al dispozitivului de recepție și convertire al aparatelor de dozare asupra uniformității de repartizare a semințelor pe suprafața solului. În acest sens s-au efectuat determinări experimentale cu aparatul de distribuție și dispozitivul de recepție și convertire a fluxului cu transportarea semințelor atât sub acțiunea forței gravitaționale, cât și sub acțiunea aerului cu suprapresiune.

Pentru a pune în evidență influența unghiurilor active de lucru ale aparatelor de dozare, precum și influența dispozitivului de recepție și convertire a fluxului de semințe asupra uniformității de repartizare a semințelor pe rândul de plante, au fost efectuate cercetări experimentale în condiții de laborator, în canalul cu sol și în câmp, prin care s-a urmărit determinarea frecvenței de cădere a semințelor pentru diferite valori ale parametrilor funcționali ai sistemului de distribuție.

În cadrul cercetărilor experimentale s-a utilizat un stand pentru testarea mașinilor de semănat cereale păioase, destinat efectuării încercărilor referitoare la performanțele aparatelor de distribuție caracteristice acestui tip de mașini.

3.1 Aparate, dispozitive și programe utilizate

Imprimarea 3D constă în formarea unui obiect solid tridimensional, pornind de la un model digital care, printr-un proces aditiv, poate realiza geometrii complexe, structuri și elemente interne, modele imposibil sau foarte greu de realizat prin metode tradiționale [83].

Astfel, modelele 3D virtuale, proiectate cu ajutorul programului DS Soliworks, au fost exportate în format Standard Triangulation Language (STL) [73,83], iar cu ajutorul programului AXON (Fig. 3.1.a) au fost importate în software-ul către imprimanta 3D (Fig. 3.1.b).





Fig. 3.1. Elaborarea elementelor constructive cu imprimanta BfB 3000: a) fereastra programului de printare Axon 2.1 și modelul 3D al cilindrului canelat; b) imprimarea cilindrului canelat cu forme geometrice complexe la imprimantă

Fabricarea pieselor sistemului de distribuție (Fig. 3.2), care ulterior au fost supuse încercărilor, s-a realizat la imprimanta 3D BfB, cu suprafața de printare 275x275x210 mm. Acest printer 3D permite realizarea modelelor din materiale plastice sau compozite ABS și Polylactic acid (PLA) cu definiție și rezoluție de până la 0,125 mm [84].



Fig. 3.2. Piese imprimate 3D

3.1.1 Traductoare și dispozitive de acționare

În această lucrare s-a realizat un sistem de monitorizare cu senzori piezoelectrici ale căror semnale electrice sunt prelucrate de calculator.

Senzorul piezoelectric a fost lipit cu marginile pe un tub din masă plastică (Fig. 3.3) pentru a-l proteja de vibrații și zgomote. Tubul din masă plastică are lungimea de 10 mm, diametrul 50 mm, grosimea pereților de 2 mm și a fost lipit de o placă din metal. Placa a fost prinsă de suport cu ajutorul cleștelui de laborator, cu posibilitatea de a modifica poziția ei sub un unghi de 360° atât în plan vertical, cât și orizontal.

Pentru determinarea turațiilor arborilor cilindrului canelat și ale ventilatorului au fost utilizate comutatoarele optice cu infraroșu (Fig. 3.4). Două dintre ele sunt utilizate pentru determinarea poziției x, y iar cel de-al treilea este pentru contorizarea roții numită scroll.

Cele trei comutatoare optice au fost tăiate în părți aparte de pe placa electronică a mouse-ului astfel încât circuitele de pe placă să nu aibă legătură directă între ele. De bornele fotoemițătorului și fotodetectorului au fost lipite cabluri separate [85,83].



Fig. 3.3. Dispozitivul de susținere a senzorului piezoelectric.



Fig. 3.4. Comutator optic

Pentru o mai bună funcționare și eliminarea radiațiilor infraroșii parazite, provenite de la alte surse, ca lămpi sau soare, la imprimanta 3D au fost proiectate și elaborate capace (Fig. 3.5) din masă plastică de tip ABS de culoare neagră.

Pereții laterali ai capacului senzorului aveau o înălțime mai mare decât elementele electro-

nice pentru a asigura nepătrunderea factorilor perturbatorii, fante pentru trecerea întreruptorului, fantă pentru cablu și orificii pentru bulonul de fixare.



Fig. 3.5. Capac din masă plastică ABS, comutatorul optic traductor de turații asamblat și întreruptorul din masă plastică ABS

Celelalte capete ale cablurilor au fost conectate la placa electronică elaborată pentru a asigura alimentarea fotoemițătorului și fotodetectorului de la sursa 5 V, asigurată de mufa USB a calculatorului. Pentru a avea posibilitatea de a controla intensitatea luminozității ledului, pe placă a fost instalat potențiometrul prin care trecea sursa de alimentare a fotoemițătorului. Potențiometrul, în esență, este un divizor de tensiune, ceea ce permite reglarea sensibilității traductorului de turații.

Pentru o vizualizare prototipică a semnalului de la traductoarele de turații, dar și a celor de la traductorul piezoelectric, care monitoriza frecvența de cădere a semințelor, s-a folosit o placă de sunet, cu două canale, încorporată în notebookul de tip Lenovo B5400. Cu ajutorul softwareului specializat PowerGraph, care a fost adaptat parametrilor circuitelor și semnalului provenit de la traductoare, interfața calculatorului a fost ușor transformată în osciloscop. Datorită acestei metode a fost posibil de ajustat și testat dispozitivele electronice elaborate într-un timp mai scurt.



Fig. 3.6. Forma semnalului obținut de la placa de sunet folosită ca osciloscop

În figura 3.6 este vizualizat semnalul generat de lovirea traductorului piezoelectric de sămânță în căderea sa spre fundul rigolei și semnalul generat de traductorul de turații la întreruperea fascicolului infraroșu al comutatorului optic.

Pentru acționarea arborelui cilindrului canelat a fost utilizat un motor (Fig. 3.7) de 24 V curent continuu cu reductor de tip melc, iar acționarea arborelui ventilatorului s-a efectuat doar cu motorul de 24 V curent continuu fără reductor [50,86,50].

Acționarea și alimentarea motorului care lucrează la o tensiune a curentului de 12-24 V nu putea fi realizată direct de la sursa plăcii de achiziție a datelor care operează cu o tensiune de 5 V. Pentru controlul turației unui motor de curent continuu cel mai des se utilizează metoda Pulse Width Modulation (PWM) [87,88,89].

În cadrul catedrei a fost elaborat un amplificator al semnalului de tip PWM de 5 V, provenit de la placa de achiziții. Schema și blocurile de conexiune a amplificatorului cu placa electronică sunt prezentate în figura 3.8. Principiul de funcționare a schemei de amplificare constă în separarea circuitelor de diferite tensiuni cu ajutorul optoizolatorului de tip 4n35.



Fig. 3.7. Motorul de acționare utilizat

Semnalul obținut de la optoizolator era transmis la baza tranzistorului de tip MOSFET IRF530 prin care trecea curent continuu de 19 V.



Fig. 3.8. Schema de conexiune a amplificatorului de semnal cu placa electronică

Cu ajutorul tranzistorului, curentul care trecea de la sursă către scurgere a fost modulat în funcție de factorul de umplere a curentului aplicat la bază.

Pentru eliminarea supraîncălzirii produse la trecerea unui curent mare, modulat prin comutare la frecvențe de zeci de kHz, și pentru asigurarea bunei funcționări, tranzistorii au fost montați pe radiatoare răcite prin intermediul unui flux de aer creat de ventilator.

3.1.2 Platforma de procesare și acționare Arduino

Placa de achiziție de date de tip Arduino este un instrument de măsură și automatizare. Aceasta reprezintă o platformă open-source, construită în jurul unui procesor de semnal, capabilă de a prelua date din mediul extern printr-o serie de senzori și de a efectua acțiuni asupra mediului prin intermediul servomotoarelor și altor tipuri de dispozitive mecanice [90].



Fig. 3.9. Platforma Arduino R3 conectată la senzori și calculator

Placa de achiziție de date servește pentru transferul în memoria calculatorului al datelor

furnizate de către traductorii utilizați pentru măsurarea mărimilor fizice urmărite.

Arduino UNO R3 (Fig. 3.9) este bazată pe microcontrolerul ATMega 328. Are 14 pini digitali de intrare/ieșire, dintre care 6 suportă PWM, și 6 pini de intrare analogică. Tensiunea de lucru este de 5 V.

Platforma Arduino Nano 3.0 (Fig. 3.10) este bazată pe microcontrolerul ATMega 328. Are 14 pini digitali de intrare/ieșire, dintre care 6 suportă PWM, și 8 pini de intrare analogică. Tensiunea de lucru este de 5 V.



Fig. 3.10. Platforma Arduino Nano 3.0

3.1.3 Platforma de programare grafică LabVIEW

LabVIEW este o platformă și un mediu de dezvoltare pentru limbajul de programare vizuală de la National Instruments [91]. Aplicațiile realizate în LabVIEW poartă denumirea de instrumente virtuale (Virtual Instruments, VI). În mediul de programare grafică oferit de LabVIEW, instrumentul virtual definește un modul software, un program ce constă dintr-o interfață, panoul frontal și un program de tip schemă-bloc [91].

Aplicația elaborată în cadrul Catedrei Mecanizarea agriculturii are destinația de control și achiziție a datelor. Panoul frontal constă din panoul de control cu două file. Prima filă este utilizată pentru controlul turației motorului electric. Pe ea sunt amplasate două indicatoare pentru simularea factorului de umplere de tip slide cu scara de la 0 la 255. Acestea realizează controlul turației arborelui de acționare a cilindrului canelat și al turației arborelui ventilatorului prin transmiterea semnalului digital de tip PWM către pinii 5 și 6 ai plăcii de control Arduino UNO.



Fig. 3.11. Panoul frontal elaborat pentru controlul dispozitivelor de acționare

Indicatoarele de tip ceas afișează valoarea numerică a turației arborelui de acționare a cilindrului canelat și a turației arborelui ventilatorului prin achiziția datelor de la pinii 8 și 9 la care sunt conectați comutatorii optici.

Pe cea de-a doua filă este amplasat elementul de reprezentări grafice de tip Waveform Chart (Fig. 3.12). Valorile punctelor după care este trasat segmentul de dreaptă reprezintă, în cazul dat, valoarea voltajului aplicat la pin de către senzorul piezoelectric.





Din elementul grafic, datele obținute la achiziție de la senzorul piezoelectric se exportă într-un fișier de tip .xlsx, care ulterior poate fi deschis cu ajutorul programei Microsoft Office Excel. Datele exportate sunt repartizate ordonat în două colonițe. În prima coloniță se indică timpul (în ms) de la începutul achiziției, iar în cea de-a doua – valoarea în volți a datelor achiziționate. Totodată, elementul grafic are posibilitatea de a salva reprezentarea grafică în formă de imagine de format bmp (Fig. 3.12).





Diagrama-bloc, elaborată pentru achiziția și prezentarea datelor (Fig. 3.13), poate fi imaginată ca fiind un cod-sursă. Componentele sale reprezintă nodurile programului, precum și
structurile de decizie, operatorii matematici, funcțiile de prelucrare logice etc. Legătura dintre componente se realizează prin fire care descriu fluxul de date în interiorul instrumentului virtual creat.

Diagrama-bloc reprezintă o schemă prin care programatorul descrie algoritmul după care aplicația va efectua calculele și raționamentele necesare pentru preluarea și prelucrarea informațiilor.

Pentru asigurarea comunicării dintre LabVIEW și placa electronică Arduino, prin interfața USB a acestora, cu ajutorul softului destinat Arduino 1.5, a fost compilat și încărcat în memoria plăcii electronice codul-sursă Linx din interfața LabVIEW.

Linx de la LabVIEW MakerHub este utilizat pentru a interacționa cu platforme integrate comune, cum ar fi Arduino. Acesta este un cod-sursă care realizează recunoașterea comenzilor din LabVIEW de către placa Arduino.

3.2 Standul experimental de testare

Studiul experimental al aparatului de distribuție cu cilindru canelat modernizat a fost

efectuat pe standul de cercetare a aparatelor de distribuție (Fig. 3.14) elaborat în cadrul Catedrei Mecanizarea agriculturii a Universității Agrare de Stat din Moldova.

Standul se acționează de la un motor electric (4) de curent continuu MII 42, cu puterea de 1,4 kW și viteza de rotație până la 1000 min⁻¹. Reglarea vitezei de rotație se efectuează prin intermediul redresorului (5) de tip AOCH-20-226-75-V4, cu tensiunea reglabilă în intervalul 0-220 V, și reostat (6).

Motorul acționează roata benzii rulante prin intermediul curelei de transmisie, iar concomitent transmite mișcarea de rotație, prin lanț, roții dințate fixate de arborele cilindrului canelat. Pe



Fig. 3.14. Standul de cercetare a sistemelor de distribuție:
1) cutie cu semințe; 2) aparat de distribuție);
3) bandă rulantă; 4) motor electric; 5) redresor; 6) reostat

cutia de semințe montată rigid pe cadru este fixat aparatul de distribuție.

3.2.1 Desfășurarea experiențelor la standul experimental

Obiectul cercetărilor este cilindrul canelat al aparatului de distribuție de la mașina de semănat SZ-3,6A, cu lățimea canelurilor de 10 mm și cu unghiurile de orientare a canelurilor (α_{elic}) față de generatoarea cilindrului în intervalul –19; 0 și +19° (Fig. 3.15).

Cele trei tipuri de cilindri canelați au fost supuse cercetărilor la regimurile de lucru corespunzătoare: turațiile de (n) 40; 50 și 60 min⁻¹; lungimea activă a canelurii (L_{lc}) de 13; 26 și 39 mm.



Fig. 3.15. Cilindri canelați cu diferite unghiuri de orientare a canelurilor față de linia generatoare

La etapă a doua, al cărei scop era depistarea unghiului optim de orientare a canelurilor, obiectul cercetărilor a fost cilindrul canelat al aparatului de distribuție cu lățimea canelurilor de 10 mm și cu unghiurile de orientare a canelurilor (α_{elic}) față de generatoarea cilindrului în intervalul 16; 19 și 22° (Fig. 3.16). Regimurile de lucru la care au fost supuși cilindrii canelați au fost similare celor menționate anterior.



Fig. 3.16. Cilindri canelați cu diferite unghiuri de orientare a canelurilor față de linia generatoare

La pornirea instalației pentru cercetarea aparatelor de distribuție se alimenta lada de semințe și se reglau turațiile arborelui cilindrului cu caneluri conform planului de efectuare a cercetărilor.

Corectitudinea setării vitezei de rotație se verifica cu ajutorul tahometrului digital pe o durată de cel puțin 20 s până la colectarea semințelor în recipient, precum și după colectare, pe o durată de 5 s.

Masa semințelor distribuite la fiecare 10 s a fost determinată cu cântarul de tip ВЛКТ-2. Masa medie a 1000 de boabe de grâu folosite la încercări a constituit 37 g [92].

Veridicitatea rezultatelor obținute a fost asigurată prin repetarea experimentelor de cel puțin 3 ori [93].

Experiențele au fost organizate în baza planului de tip Box – Benkin cu trei factori variabili [94]. Datele experimentale au fost prelucrate în baza programului STATGRAPHICS [1]

3.3 Instalația experimentală asistată de calculator

Conducerea automată a proceselor implică luarea unor decizii referitoare la modul în care trebuie să evolueze mărimile implicate în funcționarea proceselor respective și, prin urmare, lansarea unor comenzi care să asigure evoluția dorită. Deciziile de conducere pot fi luate numai pe baza informațiilor obținute din interiorul procesului condus, informații care se referă la valorile unor parametri semnificativi pentru caracterizarea procesului. Informațiile respective se obțin în urma unor operații de măsurare [86]. Cu scopul eliminării erorilor subiective care pot fi comise de către cercetător, standul pentru efectuarea experiențelor asupra sistemului de distribuție a fost organizat și automatizat conform schemei principiale, cu proces automat de organizare a experiențelor [95,96,85,97].



Fig. 3.17. Schema de principiu a organizării experiențelor și a instalației pentru determinarea în condiții de laborator a uniformității repartiției semințelor

Astfel, cercetările experimentale au fost asistate de calculator prin intermediul plăcilor electronice (microcontroler) de tip Arduino Leonardo și al software-lui LabVIEW. Cu ajutorul

acestor aplicații tot procesul de control și achiziție a datelor cercetărilor experimentale a fost automatizat, excluzând astfel erorile umane și, totodată, având o precizie mai mare.

Desfășurarea experiențelor a avut loc în cadrul laboratorului IA-2 pe standul de cercetare a sistemului de distribuție asistat de calculator (Fig. 3.18), elaborat în baza schemei de principiu a organizării experiențelor.



Fig. 3.18. Instalația experimentală asistată de calculator:
1) ventilator; 2) tub de conducere din sticlă cu dispozitiv de fixare; 3) dispozitiv de menținere și înregistrare a turațiilor arborelui de acționare a cilindrului canelat;
4) senzorul piezoelectric cu dispozitiv de fixare

Instalația a fost fixată pe un cadru metalic (Fig. 3.18) la o înălțime de 1,5 metri față de podeaua laboratorului pentru asigurarea posibilității instalării tuburilor de conducere de dimensiuni reale, precum și pentru accesibilitate și vizibilitate mai bune. Pe cadru a fost fixată cutia cu corpul aparatului de distribuție, în lagărele de alunecare a arborelui de acționare (3), motorul electric de curent continuu cu reductor de tip melc și traductorul optic. În partea stângă a cadrului este fixat ventilatorul (1) cu traductorul optic. Dispozitivul de fixare (2) menține tubul de conducere în partea de jos a aparatului de distribuție. Senzorul piezoelectric (3) este amplasat în zona de scurgere a semințelor. Dispozitivul de fixare a tubului de înclinare, cât și ridicarea sau coborârea în plan vertical a senzorului.

Pentru acționarea și reglarea regimurilor de lucru ale motoarelor electrice s-a utilizat placa de procesare de tip Arduino Nano 3.0 (Fig. 3.19), conectat la un notebook de tip HP Probook 6310.



Fig. 3.19. Sistemul automatizat de control și achiziție al instalației

Achiziția datelor de la senzorul piezoelectric s-a efectuat prin intermediul plăcii de procesare Arduino Nano R3.0, conectată la un notebook de tip Lenovo B5400 prin mufa USB 2.0.

Interacțiunea cu plăcile de procesare s-a efectuat prin interfața programei elaborate cu software-ul LabVIEW.

3.3.1 Etalonarea senzorilor utilizați la instalația asistată de calculator

Pentru a avea o imagine clară asupra procesului de distribuție a semințelor și o reducere a termenului de prelucrare statistică a datelor a fost efectuată etalonarea senzorului piezoelectric. Procedura a avut ca scop convertirea semnalului electric de forma unui impuls generat de traductorul piezoelectric. Metodologia convertirii semnalului electric constă în stabilirea valorii semnalului electric generat în funcție de caracteristicile bobului (masă, duritate și formă) care lovește cristalul piezoelectric. Pentru a stabili nivelul semnalului generat la lovirea seminței de placă, prin tubul de conducere se administrează câte un bob la intervale de timp diferite, astfel încât numărul de lovituri la o experiență să nu fie mai mic de 5.

Deoarece unghiul de înclinare a tubului de conducere se modifică în intervalul de la 0 la 30°, influențând astfel asupra forței impulsului, etalonarea s-a efectuat pentru fiecare caz în parte (Fig. 3.20).



Fig. 3.20. Semnalul electric generat de la lovirea traductorului piezoelectric de o sămânță: a) sub un unghi de 0°; b) sub un unghi de 15°; c) sub un unghi de 30°

Pentru a reduce la maxim posibilitatea apariției lovirii traductorului de către mai multe semințe concomitent, traductorul piezoelectric a fost amplasat sub un unghi de 15-30° față de perpendiculara forței de gravitație.

La experiențele efectuate cu unghiul de înclinare a tubului de conducere de 15° și 30°, traductorul piezoelectric a fost amplasat perpendicular pe linia de centru a tubului. Evacuarea și ricoșarea semințelor în cutia de colectare erau asigurate de unghiul de înclinare a tubului.

Nivelul semnalelor furnizate de traductor ne poate oferi și informații despre numărul de semințe care lovesc traductorul.

Simularea loviturii concomitente a două sau mai multe



Fig. 3.21. Amplasarea traductorului piezoelectric

semințe s-a efectuat prin utilizarea probelor a câte 2, 3 și 4 semințe lipite cu clei (Fig. 3.22).



Fig. 3.22. Semințele utilizate la etalonarea traductorului: a) o sămânță; b) grup de 2 semințe lipite; c) grup de 3 semințe lipite; d) grup de 4 semințe lipite

Metodologia de convertire semnalului electric cu grupuri a câte 2, 3 și 4 semințe este similară celei descrise mai sus pentru stabilirea nivelului semnalului generat la impactul cu traductorul a unei singure semințe, adică prin administrarea probelor a câte 2, 3 și 4 semințe prin tubul de conducere (Fig. 3.23).



Fig. 3.23. Semnalul electric generat de la lovirea traductorului piezoelectric de către două semințe concomitent: a) sub un unghi de 0°; b) sub un unghi de 15°; c) sub un unghi de 30°

Pentru a asigura veridicitatea rezultatelor obținute, experiențele au fost repetate de cel puțin 3 ori la un parametru.

Datele obținute la etalonarea traductorului au fost introduse în programa Excel și prelucrate prin stabilirea mediei aritmetice. Rezultatele utilizate ulterior la prelucrarea datelor obținute la experiențele din laborator sunt prezentate sub formă de tabel (Fig. 3.24).



Fig. 3.24. Variația tensiunii generate de traductorul piezoelectric în funcție de numărul de semințe și unghiul de înclinare a tubului

3.3.2 Desfășurarea experiențelor la instalația asistată de calculator

Obiectul cercetărilor îl constituie cilindrul canelat, clapeta mobilă, unghiul de înclinare a tubului de conducere, dispozitivul de recepție și convertire experimental și modul de transportare a boabelor spre rigolă de către aparatul de distribuție al mașinii de semănat SZ-3,6A.

Pentru comparație, ca punct de referință, au fost organizate experiențe cu sistemul de distribuție standard al mașinii de semănat SZ-3,6A, cu cilindrul canelat la diferite lungimi active ale canelurii (L_{lc}) – de 13, 26 și 39 mm. Regimurile de lucru corespunzătoare ale aparatului de distribuție cu cilindru canelat au fost: turațiile de (n) 10, 20, 30, 40, 50 și 60 min⁻¹, atât sub acțiunea gravitației, cât și forțat în flux de aer cu suprapresiune, viteza acestuia fiind stabilită la 2, 4, 4,5, 6 și 8 m/s.

Obiectele cercetărilor au fost supuse experiențelor atât la regimuri de lucru variabile, cât și cu diferiți parametri geometrici. Cilindrul canelat experimental,



Fig. 3.25. Efectuarea experiențelor cu sistemul standard ale semănătorii SZ-3,6



Fig. 3.26. Clapeta mobilă cu unghiul de lucru $\delta_{lcl} = 8^{\circ}$ și cilindrul canelat cu canelurile efectuate sub unghi de răsucire a cilindrului $\alpha_{rc}= 22^{\circ}$

având unghiul de răsucire (α_{rc}) = 22° (Fig. 3.26), lățimea canelurilor de 10,6 mm, lungimea activă

a canelurii (L_{lc}) 33 mm și clapeta mobilă cu unghiul de lucru $\delta_{lcl} = 8^{\circ}$, a fost supus cercetărilor la frecvențele de rotații (n) de 10, 20, 30, 40, 50 și 60 min⁻¹.

Clapeta mobilă, supusă cercetărilor, a fost imprimată cu unghiul de lucru al părții capătului posterior $\delta_{lcl} = 8^{\circ}$.

În prima serie de cercetări au fost organizate experiențe cu tuburi de conducere care au fost instalate sub unghiuri de înclinare de 0, 15 și 30° față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă, pentru argumentarea unghiului de lucru optimal.



Fig. 3.27. Aspecte din timpul experiențelor cu tuburi de conducere cu unghiul de înclinare față de axa verticală de scurgere: 1) 0°; 2) 15°; 3) 30°

Transportarea materialului semincer prin tubul de conducere a fost cercetată sub acțiunea gravitației și forțat în flux de aer cu suprapresiune, viteza acestuia fiind stabilită la 2, 4, 4,5, 6 și 8 m/s. Unghiul de înclinare a vectorului fluxului de aer față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă era același ca și unghiul de înclinare a tubului de conducere, adică 0, 15 și 30°.

Pentru a avea o viziune mai clară despre cum influențează unghiul de înclinare față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă asupra fluxului de material semincer au fost organizate cercetări cu tubul de conducere din sticlă amplasat direct sub clapeta mobilă, eliminându-se trecerea și influența pâlniei asupra fluxului [1,18]. Tubul de sticlă, de lungime egală cu cea a tubului standard, a fost amplasat sub unghiuri de înclinare de 15, 30 și 45° față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă în plan longitudinal (Fig. 3.28). În plan transversal, tubul de conducere din sticlă a fost amplasat față de direcția de scurgere a semințelor sub unghiuri de înclinare de 15 și 30° (Fig. 3.29).



Fig. 3.28. Aspecte din timpul experiențelor cu tubul de conducere fără pâlnie cu unghiul de înclinare față de axa verticală de scurgere: 1) 15°; 2) 30°; 3) 45°



Fig. 3.29. Aspecte din timpul experiențelor cu tubul de conducere fără pâlnie cu unghiul de înclinare față de axa verticală de scurgere în plan transversal: 1) 15°; 2) 30°

Dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe, propus în baza rezultatelor experiențelor și aspectelor teoretice ale simulărilor la calculator, a fost supus cercetărilor fără modificarea lungimii active a canelurii, adică (L_{lc}) 39 mm, la regimurile de lucru corespunzătoare: frecvența de rotație (n) 10, 20, 30, 40, 50 și 60 min⁻¹ (Fig. 3.30), viteza fluxului de aer 2, 4, 4,5, 6 și 8 m/s. Unghiul de înclinare a vectorului fluxului de aer față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă a fost egal cu unghiul de înclinare a tubului de conducere, adică 0°.



Fig. 3.30. Aspecte din timpul experiențelor cu sistemul de distribuție cu dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe propus

La cercetări au fost utilizate semințe calibrate cu sita de diametrul 2,5 mm și masa hectolitrică de 759,9 g/l.

În experiențele efectuate la sistemul de distribuție cu dispozitiv de recepție și convertire a fluxului de semințe au fost utilizate semințe de sorg calibrat și de grâu.

Instalația experimentală era trecută în regim de lucru prin acționarea butonului Run din interfața programei elaborate cu ajutorul software-ului LabVIEW. Regimurile de funcționare ale ventilatorului și motorului electric erau setate prin modificarea indicilor din caseta corespunzătoare vitezei fluxului de aer și, respectiv, turațiilor din programă. După setarea regimurilor de lucru era verificată corectitudinea parametrilor, cu fototahometrul digital și anemometrul digital, prin efectuarea a cel puțin 3 probe, pentru a verifica stabilitatea de funcționare a instalației. După aprecierea corectidunii parametrilor și stabilității regimului de lucru se acționa butonul de înregistrare a datelor de la al doilea notebook.

Datelor se înregistrau pe parcursul a 15 s, după care se efectua o verificare adițională a corectitudinii parametrilor prestabiliți ai regimurilor de lucru, după care datele achiziționate se salvau prin exportarea acestora atât în format XLS, cât și în formă de fotografie de format jpg.

Veridicitatea rezultatelor obținute a fost asigurată prin repetarea experimentelor de cel puțin 3 ori.

3.4 Instalația experimentală pentru canalul cu sol

Studiul experimental privind sistemul de distribuție cu cilindru canelat modernizat, dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe și transportarea semințelor forțată prin folosirea fluxului de aer cu suprapresiune creată de ventilator a fost efectuat pe instalația experimentală pentru canalul cu sol (Fig. 3.31), în cadrul laboratorului Ia-4 al Catedrei Mecanizarea agriculturii.

La baza încercărilor în canalul cu sol a stat principiul deplasării relative a sistemului de distribuție față de sol. Folosirea căruciorului experimental ne-a permis a efectua o simulare cât mai aproape de condițiile reale de câmp a modului de funcționare a sistemului de distribuție propus, concomitent cu testarea sistemului de acționare în regim de deplasare și alegerea regimurilor optimale de funcționare pentru efectuarea experiențelor în câmp. Metodologia de determinare a uniformității de distribuție ne oferă o exactitate suficientă a rezultatelor cercetărilor experimentale.

Căruciorul experimental (Fig. 3.31) se deplasează pe șine de-a lungul canalului cu lungimea de 30 m și este acționat de motorul electric (8) A02-42-6 cu puterea de 4 kW, mișcarea fiind transmisă la roțile motrice prin intermediul următoarelor mecanisme: ambreiaj (7); cutie de viteze (10); transmisie prin curea (6); reductoare.

Cutia de viteze asigură 5 viteze de deplasare, inclusiv de reversare a căruciorului. Cu ajutorul rolei de întindere a transmisiei prin curea s-a asigurat pornirea lină a căruciorului. Căruciorul este asigurat cu dispozitiv de suspendare a sistemului de distribuție experimental (9), precum și cu dispozitiv de frânare automat (5). Conducerea căruciorului este efectuată de la panoul de comandă (1). Dispozitivul de suspendare a sistemului experimental prezintă o bară, un capăt al căreia este fixat în șuruburi de cadrul căruciorului (11), iar pe celălalt capăt, este fixată cutia de semințe a sistemului de distribuție experimental. Căruciorul este dotat cu un dispozitiv (12) de ridicare și coborâre a brăzdarului la reversarea căruciorului și stabilirea adâncimii de lucru.

Pentru realizarea experiențelor în canalul cu sol, pe cărucior a fost montat sistemul de distribuție experimental (Fig. 3.31. b)) și sistemul de control asistat de calculator al acestuia (Fig. 3.31. a)), utilizat anterior la efectuarea experiențelor de laborator pentru determinarea uniformității

de distribuție a semințelor, de la care a fost exclus traductorul piezoelectric și sistemul de achiziție a datelor de la traductor. La capătul tubului de conducere din sticlă a fost instalat brăzdarul de tip ancoră, pe muchia laterală a lui fiind instalată o placă cu unghiul de înclinare a muchiilor spre exterior, astfel încât să asigure neacoperirea rigolei cu sol.



Fig. 3.31. Vederea generală a instalației experimentale pentru canalul cu sol: a) sistemul de control asistat de calculator al sistemului de distribuție; b) sistemul de distribuție experimental; 1) panoul de comandă al căruciorului; 2) notebook; 3) dispozitiv de acționare și control; 4) sursă de alimentare; 5) dispozitivul de frânare; 6) transmisia prin curea; 7) ambreiajul; 8) motorul electric; 9) dispozitivul de cuplare; 10) cutia de viteze; 11) sistemul de pârghii; 12) ventilator radial; 13) sistem de distribuție; 14) brăzdar de tip ancoră

Setarea și controlul parametrilor de lucru ai cilindrului canelat și ai ventilatorului s-a efectuat prin intermediul interfeței software-ului LabVIEW, instalat pe notebook de tip Lenovo.

3.4.1 Etalonarea turației aparatului de distribuție conform normei de semănat

Efectuarea cercetărilor experimentale cu sistemul de distribuție experimental în canalul cu sol are ca scop simularea condițiilor de semănat cât mai aproape de cele reale de câmp datorită principiului deplasării relative a sistemului de distribuție față de sol.

Pentru a avea posibilitatea de a compara rezultatele privind uniformitatea de distribuție a semințelor pe fundul rigolei obținute în canalul cu sol cu cele efectuate în condițiile de câmp a fost setată aceeași normă de semințe, distribuite la un metru liniar.



Fig. 3.32. Norma de distribuire a numărului de boabe la un metru liniar în funcție de viteza de deplasare

Stabilirea diapazonului regimurilor de lucru la planificarea experiențelor a fost corelată astfel încât să corespundă normei de semințe de grâu la hectar, adică 250 kg/ha.

Reprezentarea grafică a etalonării sistemului de distribuție conform normei de semănat în funcție de viteza de deplasare a agregatului este prezentată în figura 3.32.

Metodologia stabilirii normei de însămânțare a sistemului de distribuție instalat pe căruciorul mobil constă în cântărirea masei de semințe distribuite într-un săculeț timp de 10 secunde la turațiile cilindrului canelat de 12, 23, 35, 45 și 55 min⁻¹.

Graficul etalonării sistemului de distribuție experimental conform normei masei semințelor distribuite timp de o secundă în funcție de turația cilindrului canelat este prezentat în figura 3.33. Se observă că variația semintelor distribuite masei de sistemul experimental de distribuție timp de o secundă este descrisă de o funcție aproximativ liniară ascendentă pe tot intervalul.

Rezultatele etalonării sistemului de distribuție experimental conform normei numărului de boabe, distribuite timp de o secundă, în funcție de turația cilindrului canelat, sunt prezentate în figura 3.34.

Norma de distribuție a 120 de boabe la un metru liniar, în funcție de viteza de deplasare a căruciorului mobil, conform datelor prezentate în figura 3.32, poate fi asigurată prin corelarea normei numărului de boabe timp de o secundă în funcție de turația cilindrului canelat (Fig. 3.33). La viteza de deplasare a căruciorului mobil de 1 m/s este necesar de distribuit 120 de boabe timp de o



Fig. 3.33. Masa de semințe dozate în funcție de numărul de rotații a arborelui canelat



Fig. 3.34. Numărul de boabe în funcție de numărul de rotații a arborelui canelat

secundă, ceea ce se obține la turația cilindrului canelat de 12 min⁻¹ cu o valoare de 129 de boabe. Norma de 252 de boabe timp de o secundă la viteza de 2,1 m/s asigură turația cilindrului canelat de 23 min⁻¹, iar norma de 384 de boabe timp de o secundă la viteza de deplasare de 3,2 m/s este asigurată de turația cilindrului canelat de 35 min⁻¹.

3.4.2 Desfășurarea experiențelor în canalul cu sol

Experiențele efectuate în canalul cu sol au fost organizate în baza planului de tip Box – Benkin cu 3 factori variabili. Datele experimentale au fost prelucrate în baza programei Microsoft Office Excel și STATGRAPHICS Centurion XV.

Veridicitatea rezultatelor obținute a fost asigurată prin repetarea experiențelor de 3 ori.

Obiectul cercetărilor este sistemul de distribuție experimental de la mașina de semănat SZ-3,6A cu lățimea canelurilor de 10 mm, lungimea activă de lucru a cilindrului (L_{lc}) de 33 mm și unghiul de răsucire a canelurilor (α_{rc}) de 22°.

Modificarea vitezei de deplasare a căruciorului s-a efectuat prin intermediul cutiei de viteze cu 4 trepte. Pentru o simulare cât mai aproape de condițiile reale de lucru, dat fiind faptul că viteza de deplasare a agregatului recomandată la semănatul culturilor cerealiere este de până la 9 km/h, experiențele în canalul de sol au fost realizate la treptele a II-a, III-a și a IV-a (respectiv la 1, 2,1 și 3,2 m/s), asigurându-se astfel deplasarea căruciorului cu o viteza de până la 11,2 km/h.

Viteza de deplasare a fost stabilită în funcție de timpul necesar de a parcurge o distanță de 15 m, marcată cu indicatori, de către cărucior. Timpul folosit pentru a parcurge această distanță era măsurat cu ajutorul unui secundomer.



Fig. 3.35. Vederile generale a modului de realizare a încercărilor de laborator la diferite viteze de deplasare a căruciorul.

Transportarea materialului semincer către brăzdar se efectua atât sub acțiunea gravitației, cât și forțat în flux de aer cu suprapresiune, viteza acestuia fiind stabilită la 4 și 8 m/s. Unghiul de înclinare a vectorului fluxului de aer față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă este egal cu unghiul de înclinare a tubului de conducere, adică 0°.

Frecvența de rotație a cilindrului canelat (n) a fost setată prin intermediul software-ului LabVIEW, instalat în notebook la 20, 40 și 60 min⁻¹.

Înainte de a se efectua o trecere erau setați parametrii de lucru ai cilindrului canelat, ai ventilatorului și treapta de viteză conform planului de efectuare a experienței, datele notându-se în registrul de încercări. Se punea în funcțiune ventilatorul, apoi se acționa butonul de pornire a căruciorului de la panoul de comandă. După ce căruciorul atingea viteza de deplasare necesară, parcurgând aproximativ doi metri, se punea în funcțiune cilindrul canelat. După parcurgerea unei

porțiuni de cel puțin 20 de metri de către cărucior se acționa butonul Stop de la panoul de comandă și butonul Stop din programa LabVIEW, ce deconectau curentul de la care se alimentau motoarele electrice ale ventilatorului și ale cilindrului canelat. La fiecare trecere a căruciorului se făcea o rigolă neacoperită cu sol, la fundul căreia era amplasat un șir de semințe (Fig. 3.36 a)). Toate trecerile au fost filmate cu ajutorul aparatului de fotografiat.

3.4.3 Determinarea uniformității repartizării boabelor de-a lungul rândului în canalul cu sol

Pentru a asigura veridicitatea rezultatelor, după fiecare trecere, pe suprafața rigolei rămase neacoperite se plasa o riglă de un metru (Fig. 3.36 b), c)) la cel puțin 6 metri de la începutul canalului cu sol. De partea cealaltă a rigolei, cât mai aproape de șirul de semințe, se plasa o riglă de 30 cm (Fig. 3.36 d)), astfel încât linia zeroului să coincidă cu linia zero a riglei de un metru, și se efectuau poze, iar fiecare trecere cu căruciorul mobil se filma.



Fig. 3.36. Aspecte la determinarea uniformității de repartizare a semințelor în rigolă a) rigola rămasă neacoperită după efectuarea trecerii cu cărucior; b), c) modul de amplasare a riglei de un metru pe marginea rigolei; d) amplasarea riglei de 30 cm lângă șirul de semințe

Fiecare lungime a unui metru era împărțită în cinci sectoare cu lățimea de 10 cm și spațiul dintre ele de 10 cm. Pe lungimea a 10 cm din sector se numărau semințele la fiecare 2 cm, adică erau colectate 5 probe la fiecare 10 cm.

Pe lungimea unui metru se colectau în total 25 de probe, care se notau în registrul de încercări vizavi de numărul compus din trei cifre corespunzătoare numărului de ordine al eșantionului, al sectorului probei și numărului probei.

Rigla de 30 cm se muta apoi astfel încât linia zeroului să coincidă cu linia indicelui 30 cm de pe rigla de un metru și se efectua următoarea poză.

Conform metodologiei folosite, pe lungimea rigolei au fost luate în studiu câte patru eșantioane cu lungimea de 1 m, pe direcția deplasării căruciorului [98,99,100,45].

Toate datele acumulate și notate în registru au fost introduse în programa Excel. În tabel au fost indicați, în colonițe aparte, parametrii de lucru setați la efectuarea încercării: viteza aerului, frecvența de rotație a cilindrului canelat și treapta de viteză; numărul de ordine al eșantionului, sectorul probei, numărul probei și numărul de semințe care se aflau în intervalul subsectorului de 2 cm.

După compunerea șirului numeric, datele au fost copiate în Stagraphics, fiind prelucrate în prealabil cu ajutorul funcției Outlier Identification. Această funcție ne dă posibilitatea să stabilim datele aberante care urmează a fi eliminate. Eliminarea datelor aberante este necesară întrucât prezența lor poate afecta negativ estimările, deciziile și ipotezele ce se fac în urma prelucrării datelor experimentale.

A doua procedură la determinarea uniformității repartizării boabelor de-a lungul rândului constă în stabilirea coeficientului de variație a datelor sau, în cazul dat, a distanței dintre semințe, în funcție de parametrii de lucru. Din meniul principal a fost selectată funcția One-Way ANOVA [101,102,103,104,105,4] și în caseta Dependent Variabile sa introdus, ca variabilă, distanța dintre semințe, iar ca factor a fost selectat unul dintre parametrii de lucru setați la



Fig. 3.37. Aspecte din timpul colectării și înregistrării datelor

efectuarea experiențelor în canalul cu sol, făcându-se o prelucrare statistică.

S-a obținut astfel, în formă de tabel, coeficientul de variație pentru fiecare număr de identificare compus din trei numere, în funcție de parametrii de lucru. Coeficientul de variație a fost copiat în software-ul Stagraphics, vizavi de numărul de identificare al planului de organizare a experiențelor de tip Box-Behnken [103,104,106] elaborat anterior. Pentru obținerea suprafeței de răspuns a variabilei a fost selectată funcția Analize Design din submeniul Iprove [107,102]. Ca variabilă, în caseta Data era introdus coeficientul de variație.

3.5 Semănătoarea experimentală utilizată la efectuarea cercetărilor în condiții de câmp

Obiectivul cercetărilor a fost testarea în condiții de câmp a mașinii de semănat în rânduri a culturilor cerealiere SZ-3,6A, pentru al cărei sistem de distribuție au fost folosiți cilindrii canelați orientați sub un unghi față de generatoarea arborelui de acționare și clapetele mobile experimentale elaborate în cadrul Catedrei Mecanizarea agriculturii.



Fig. 3.38. Semănătoarea SZ-3,6A, pe care a fost instalat sistemul de distribuție experimental

Obiectul cercetărilor este sistemul de distribuție experimental al mașinii, la care au fost instalați cilindri canelați, clapete mobile experimentale și sistemul de transportare forțată a semințelor (Fig. 3.39). Mașina a fost dotată cu 24 de aparate de distribuție, dintre care două au fost înlocuite cu aparate de distribuție experimentale și sistemul de transportare forțată a semințelor este prezentată în figura alăturată:



Fig. 3.39. Aparate de distribuție cu cilindri canelați și clapete mobile experimentale

3.5.1 Desfășurarea experiențelor de câmp

Cercetările au fost realizate în cadrul Î.S. "Stațiunea Didactico-Experimentală Petricani", cu adresa juridică: Chișinău, str. Balcani nr.7; S.A "ATC-Agrotehcomerț", cu adresa juridică: or. Hâncești și S.R.L "Vadalex-Agro", cu adresa juridică: Chișinău, str. Liviu Deleanu nr.7/6.

Semănătoarea a fost testată la semănatul culturii orzului, în termeni agrotehnici, pe o suprafață de 64 ha. În calitate de material semincer au fost folosite boabele de orz de soiul "Odeski 100". Semănatul a fost efectuat prin metoda rândurilor înguste la adâncimea de 4 cm. Agregatul a fost format din tractorul MF–4270 și semănătoarea SZ-3,6A. Indicatorii calitativi privind funcționarea semănătorii dotate cu aparate de tip experimental s-au comparat cu indicatorii semănătorii standard la viteza de lucru 1,85-3,02 m/s.

Fiecare rând semănat cu aparatele experimentale a fost marcat cu semne distinctive. Pe parcelă au fost marcate sectoare de evidență la început, la mijloc și la sfârșitul ei, amplasate pe diagonală față de direcția deplasării semănătorii.

3.5.2 Studiului dinamicii dezvoltării plantelor

Analiza dinamicii dezvoltării plantelor semănate cu aparatele de distribuție experimentale instalate pe semănătoare s-a efectuat după o perioadă de 2-3 săptămâni de la răsărire.

Pentru a asigura veridicitatea rezultatelor obținute, suprafața semănată a fost împărțită în șase eșantioane cu o suprafață de 1,2 m² pe lungimea deplasării semănătorii. Conform metodologiei folosite, au fost luate în studiu 8 rânduri cu o lungime de 1 metru (Fig. 3.41).

Fiecare lungime a unui metru era împărțită în cinci sectoare cu o lățime de 10 cm și cu spațiul dintre ele de 20 cm. Pe lungimea a 10 cm din sector s-au numărat semințele la fiecare 2 cm, adică au fost colectate 5 probe la fiecare 10 cm.

Măsurările s-au efectuat asupra plantelor situate în limitele sectoarelor de 10 cm. Cu o riglă milimetrică s-a măsurat înălțimea maximă de creștere a plantelor deasupra solului, după cum este reprezentat în figura 3.40.



Fig. 3.40. Secvențele dinamicii dezvoltării plantelor în câmp

Pe lungimea unui metru s-au colectat în total 25 de probe, notate în registrul de încercări alături de numărul compus din trei cifre corespunzătoare numărului de ordine al eșantionului, al sectorului probei și numărului probei.

Conform metodologiei folosite, au fost luate în studiu câte șase eșantioane cu lungimea de 1 m pe direcția deplasării semănătorii [98,99,100,45].

Toate datele acumulate și notate în registru au fost apoi introduse în programa Excel. În tabel s-au indicat, în colonițe aparte, numărul de ordine al eșantionului, sectorul probei, numărul probei și înălțimea medie a plantelor. Ulterior s-a calculat media aritmetică pentru fiecare eșantion în parte și media aritmetică totală.

3.5.3 Determinarea uniformității repartizării plantelor pe suprafață

Analiza uniformității repartizării plantelor semănate cu sisteme de distribuție experimentale instalate pe semănătoare s-a făcut cu 1-2 săptămâni înainte de recoltare. Cercetările s-au bazat pe metoda tradițională a experiențelor de câmp, efectuându-se pe sectoare (eșantioane).

Pentru a asigura veridicitatea rezultatelor, pe suprafața semănată au fost stabilite șase eșantioane cu o suprafață de 1,2 m², pe direcția deplasării semănătorii. Pe suprafața eșantionului s-au încadrat 8 rânduri cu lungimea de 1 metru, asupra cărora s-a efectuat studiul (Fig. 3.41). Fiecare eșantion a fost împărțit în patru sectoare cu lățime de 10 cm pe lungimea eșantionului, spațiul dintre ele fiind de 20 cm.



Fig. 3.41. Vederea generală a parcelelor luate în studiu

Măsurările s-au efectuat atât asupra plantelor situate în limitele sectoarelor de 10 cm, cât și asupra celor situate în limitele sectoarelor de 20 cm. Pe lungimea unui metru s-au colectat în total 4 probe de pe sectoarele de 10 cm și 4 probe de pe sectoarele de 20 cm. Spicele s-au colectat în sacoșe mici, pe care era indicat numărul compus din trei cifre, corespunzătoare cu numărul de ordine al eșantionului, cu numărul de ordine al rândului și cu sectorul probei. Ulterior, spicele au fost puse în sacoșe mari, pe care s-a indicat numărul eșantionului și rândul. Înainte de recoltarea probelor s-au făcut poze.

În laborator, spicele din fiecare sacoșă au fost numărate, rezultatele fiind notate în registrul de încercări alături de numărul compus din trei cifre, corespunzătoare cu numărul de ordine al eșantionului, numărul de ordine al rândului și cu sectorul probei. Datele astfel obținute au fost introduse în programa Excel. În tabel s-au indicat, în colonițe aparte: numărul de ordine al eșantionului, numărul de ordine al rândului, sectorul probei, distanța sectorului și numărul de spice.

Pentru a compune șirul numeric al distanței dintre plante s-a calculat distanța medie dintre plante prin împărțirea lungimii sectorului probei de 10 sau 20 cm la numărul de spice recoltate. Apoi, în colonița alăturată s-a adăugat un număr de celule egal cu numărul de spice, în ele introducându-se valoarea numerică egală cu media calculată pe lungimea sectorului. După

compunerea șirului numeric, datele au fost copiate în Stagraphics. Datele au fost prelucrate în prealabil cu ajutorul funcției Outlier Identification [108].

A doua procedură constă în stabilirea coeficientului de variație a datelor sau, în cazul dat, a distanței dintre plante, în funcție de numărul de identificare cu ajutorul funcției One-Way ANOVA.

3.5.4 Determinarea recoltei la eșantioanele din câmp

Cercetările privind influența sistemului experimental de distribuție a semințelor asupra recoltei culturilor cerealiere s-au bazat pe datele obținute după recoltarea plantelor de pe eșantioanele pe care a fost studiată dinamica dezvoltării plantelor și uniformitatea repartizării lor de-a lungul rândului. Plantele au fost tăiate de pe eșantioane în faza de maturitate deplină. La fiecare probă, spicele erau colectate în sacoșe marcate conform numărului de ordine al eșantionului, rândului și sectorului probei. Ulterior ele se puneau în sacoșe mari pe care se indicau numărul eșantionului și rândul. Înainte de recoltarea probelor s-au făcut poze.

În aceeași zi, în laborator, au fost calculate masa și numărul boabelor în spic. Pentru aceasta, boabele de pe fiecare spic în parte au fost separate pe o filă de hârtie (Fig. 3.42). După înlăturarea impurităților, boabele erau numărate și cântărite. Pentru determinarea masei boabelor a fost folosită balanța analitică electronică a companiei Kern EW 3000-2m.



Fig. 3.42. Aspecte din timpul colectării și cântăririi spicelor

În registrul de încercări, în dreptul numărului compus din trei cifre corespunzătoare cu numărul de ordine al eșantionului, numărul de ordine al rândului și sectorul probei, s-a notat masa boabelor, iar în partea de jos – numărul de boabe din spic. Toate datele acumulate și notate în registru au fost apoi introduse în programa Excel. În tabel s-au indicat, în colonițe aparte: numărul de ordine al eșantionului, numărul de ordine al rândului, sectorul probei, numărul de boabe și masa boabelor colectate de la fiecare spic. După compunerea șirului numeric, datele au fost copiate în Stagraphics. Datele au fost prelucrate în prealabil cu ajutorul funcției Outlier Identification.

A doua procedură constă în stabilirea coeficientului de variație a datelor și media aritmetică a masei boabelor pentru fiecare spic și numărul de boabe pentru fiecare spic, în funcție de numărul de ordine al rândului. Prelucrarea statistică s-a efectuat cu ajutorul One-Way ANOVA [108,109].

4 ANALIZA REZULTATELOR CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE

Studiul teoretic permite stabilirea legilor care stau la baza procesului tehnologic și a relației dintre diferiți parametri. Cercetările experimentale urmăresc verificarea ipotezelor și teoriilor care au servit drept premisă pentru studiile referitoare la procesele cercetate.

Cercetările de laborator la standul asistat de calculator, cele efectuate în canalul cu sol și în câmp cu diferite modele constructive ale sistemului de distribuție s-au efectuat în scopul argumentării rezultatelor teoretice, precum și în vederea elaborării finale a modelului constructiv necesar pentru proiectarea sistemului de distribuție cu performanțe operaționale și funcționale ridicate, care să asigure lucrul la regimuri de viteze majorate.

4.1 Rezultatele cercetărilor experimentale de laborator

Cercetările experimentale efectuate în laborator au avut ca obiectiv stabilirea parametrilor optimali cu cel mai mic coeficient de variație a distanței dintre semințe.

Obiectul cercetărilor experimentale l-a constituit sistemul de distribuție experimental, la care canelurile cilindrului au fost efectuate sub un unghi de răsucire $\alpha_{elic}=22^{\circ}$, iar clapeta mobilă avea unghiul de lucru al părții capătului posterior $\delta_{lcl}=8^{\circ}$. Totodată, în partea de evacuare a semințelor de pe clapeta mobilă a fost instalat dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe, elaborat sub un unghi $\varepsilon = 30^{\circ}$ față de axa verticală de scurgere a semințelor și înclinat contra direcției deplasării semănătorii.

4.1.1 Analiza repartizării semințelor la standul experimental

În baza rezultatelor cercetărilor efectuate la standul experimental pentru testarea sistemelor de distribuție (vezi subcap. 3.2.1) asupra cilindrilor canelați cu unghiul de înclinare a canelurilor de -19, 0 și $+19^{\circ}$ (Fig. 3.15) a fost obținută ecuația dependenței multifactoriale a frecvenței masei semințelor distribuite în funcție de valorile factorilor de influență.

Corectitudinea valorilor măsurate (evaluarea erorii experimentale) s-a verificat cu ajutorul testelor statistice. Analiza variației variabilei m s-a efectuat conform teoriei erorii totale cu un grad de libertate, iar rezultatele sunt prezentate în figura A.1.3, (A.1.1).

În acest caz, un efect are valoarea P mai mică de 0,05, ce indică că efectele sunt semnificative și la nivelul de încredere de 95%. Gradul de libertate R² arată că modelul matematic obținut se conformează 98,4672% cu variabilitatea parametrului *m*. Eroarea standard estimată cu referire la reziduali este de 1,14705, iar eroarea medie absolută este egală cu 0,562367. Valoarea criteriului Durbin-Watson ne demonstrează că nu există nicio indicație de autocorelație a seriei în

experiențele efectuate.

Lungimea cilindrului canelat=26,0, mm



Fig. 4.1. Estimarea evoluției masei semințelor față de unghiul de orientare a canelurilor față de generatoarea cilindrului canelat

Din analiza suprafețelor de răspuns (Fig. 4.1) se observă că factorul "unghiul de orientare a canelurii" a deplasat centrul de simetrie a suprafeței. Axa de simetrie a parabolei formată de factorul "unghiul canelurii" nu este situată în punctul zero, chiar dacă valorile unghiurilor sunt simetrice și se află în limitele prestabilite de -19, 0 și, respectiv, $+19^{\circ}$.

În cazul cilindrului canelat cu lungimea de 13 mm, unghiul de orientare de -19° și regimul de funcționare la turațiile 60 min⁻¹, valoarea variabilei *m* este aproximativ de 8,5 g și tinde brusc spre zero la regimul de funcționare cu 40 min⁻¹, ceea ce nu se observă la unghiul de orientare a canelurii de 19°, unde suprafața de răspuns este mai uniformă la regimul de funcționare a cilindrului canelat la turații în limitele 40-60 min⁻¹, precum și la lungimea cilindrului canelat de 39 mm.

La cea de-a doua etapă a cercetărilor la standul experimental pentru testarea sistemelor de distribuție a fost elaborat planul de experiențe în baza rezultatelor obținute la analiza cercetărilor efectuate asupra cilindrilor canelați cu unghiul de înclinare a canelurilor de -19, 0 și $+19^{\circ}$. În timpul elaborării planului, la selectarea parametrilor geometrici a fost luat în considerare faptul că mărirea unghiului de înclinare a canelurilor față de axa cilindrului poate duce la alunecare semințelor din caneluri. Pentru a exclude acest neajuns, intervalul unghiului de orientare a canelurilor a fost selectat mai mic decât unghiul de frecare externă la majoritatea cerealelor. Canelurile au fost orientate spre direcția de evacuare a semințelor din aparatul de distribuție, ceea ce a dus la eliminarea tendințelor de alunecare a semințelor, la micșorarea lungimii de lucru a cilindrului canelat în interiorul cutiei de semințe, datorită mișcării de rotație a cilindrului canelat.

A doua etapă a cercetării variației masei semințelor evacuate de cilindrul canelat, a avut ca scop stabilirea influenței unghiului de orientare a canelurilor (α_{elic}) față de generatoarea cilindrului în intervalul 16, 19 și 22° (Fig. 3.16).

În baza rezultatelor experimentale efectuate asupra cilindrilor canelați a fost obținut modelul matematic al frecvenței statistice a masei semințelor distribuite în funcție de valorile factorilor prestabiliți, care se descrie prin relație (A.1.2).

Analiza variației variabilei m s-a efectuat conform teoriei erorii totale cu un grad de libertate, iar rezultatele sunt prezentate în figura 4.2.





Din analiza diagramei (Fig. 4.2) se observă că factorul principal care influențează cel mai mult masa semințelor distribuite la o rotație a arborelui este lungimea activă a cilindrului canelat. În comparație cu rezultatele obținute la experiențele anterioare [1], a crescut ponderea influenței factorului "unghiul de orientare a canelurii" asupra variabilei *m* și poate fi plasat pe locul doi după influență, pe când factorul "numărul de turații" poate fi neglijat.

Din analiza suprafețelor de răspuns (Fig. 4.3, Fig. A.1.4) se observă că factorul "unghiul de orientare a canelurii" formează o suprafață încovoiată la valoarea lungimii cilindrului canelat de 13 mm. În cazul când lungimea activă a cilindrului canelat este de 26 și 39 mm, sub influența unghiului de orientare a canelurii față de generatoarea cilindrului asupra variabilei *m* se formează o suprafața aproximativ plană strict crescătoare, care începe să aibă caracter de creștere mai mic la valoarea unghiului de orientare de 22°.



Fig. 4.3. Estimarea evoluției masei semințelor la o turație a cilindrului în funcție de unghiul de orientare a canelurilor față de generatoarea cilindrului canelat

O mai mare influență asupra suprafeței de răspuns a variabilei m o are unghiul de înclinare a canelurilor la lungimea cilindrului canelat de 26 mm, cu aspect crescător de la 16° la 22°. Influența factorului "unghiul de înclinare a canelurilor" pe acest interval este mai mare decât influența factorului "turații" în intervalul 30-50 min⁻¹.

Analiza rezultatelor obținute în urma cercetării variației masei semințelor evacuate de cilindrul canelat cu unghiul de orientare a canelurilor (α_{elic}) în intervalul 16-22° față de generatoarea cilindrului a arătat că unghiul de înclinare a canelurilor are o influență mai mare asupra masei semințelor distribuite la o turație a cilindrului canelat, ceea ce nu a fost la fel și la analiza rezultatelor obținute cu cilindrii canelați cu unghiurile de înclinare –19, 0 și +19°. Această diferență denotă faptul că nu toți parametrii constructivi care pot avea influența masa semințelor au fost luați în calcul.

Pentru a avea o viziune mai clară asupra variației masei semințelor evacuate a fost luat în considerare unghiul muchiei posterioare a clapetei mobile, influența căruia poate avea o pondere semnificativă asupra variabilei în cauză.

A treia etapă a cercetării variației masei semințelor distribuite de cilindrul canelat, efectuate la standul experimental, a avut ca scop stabilirea influenței unghiului de înclinare a muchiei posterioare (δ_{lcl}) a clapetei mobile în intervalul –9; 0 și +9° în corelație cu unghiul de orientare a canelurilor (α_{elic}) față de generatoarea cilindrului în intervalul 16; 19 și 22°, la diferiți parametri de lucru.

Din analiza diagramei (Fig. 4.4) se observă că factorul principal care influențează cel mai mult masa semințelor distribuite la o rotație a arborelui este lungimea activă a cilindrului canelat.





În comparație cu rezultatele obținute la experiențele anterioare, constatăm că influența unghiului muchiei posterioare a clapetei asupra variabilei *m* este mai mare decât factorul unghiul de orientare a canelurii, pe când ponderea influenței factorului "turații" este de aproximativ cinci ori mai mică.

Din analiza suprafețelor de răspuns (Fig. 4.5) se observă că factorul "unghiul de orientare a canelurii" formează o suprafață aproximativ încovoiată cu ramurile în jos la valoarea turațiilor de 40 min⁻¹ și lungimea cilindrului canelat de 26 mm. La aceleași valori ale factorilor "turația" (40 min⁻¹) și "lungimea cilindrului canelat" (26 mm), unghiul muchiei posterioare a clapetei formează o suprafață aproximativ încovoiată cu ramurile în sus.







Valoarea optimă a masei semințelor distribuite *m*, după maxim, este egală cu 23,16 g pentru valorile factorilor: unghiul canelurilor – $21,96^{\circ}$; turația – $49,99 \text{ min}^{-1}$; lungimea cilindrului canelat – 38,95 mm; unghiul muchiei clapetei – $-9,0^{\circ}$.

4.1.2 Analiza repartizării semințelor la instalația asistată de calculator

În baza rezultatelor cercetărilor teoretice asistate de calculator au fost organizate experiențe în laborator la instalația experimentală asistată de calculator, care au avut ca obiectiv stabilirea parametrilor optimali cu cel mai mic coeficient de variație a timpului dintre loviturile aplicate de semințe senzorului piezoelectric.

Ca obiecte ale cercetărilor experimentale au fost:

- aparatul de distribuție experimental la care canelurile cilindrului au fost efectuate sub un unghi de răsucire $\alpha_{rc}=22^{\circ}$, iar clapeta mobilă avea unghiul de lucru al părții capătului posterior $\delta_{lcl}=8^{\circ}$, la diferite turații ale cilindrului canelat. Totodată, în partea evacuării semințelor de pe clapeta mobilă, la aparatul de distribuție experimental au fost utilizate tuburi de conducere amplasate sub un unghi $\varepsilon = 0$; 15; 30° față de axa verticală de scurgere a semințelor, înclinate contra direcției deplasării semănătorii. Regimurile de lucru la care au fost supuse obiectele cercetărilor sunt:

- diferite turații (n) ale cilindrului canelat: 10; 20; ... 60 min⁻¹.
- diferite viteze ale fluxului de aer (V_a) din tubul de conducere: 0; 2; 4; 4,5; 6; 8; 9 m/s.

Din analiza diagramei influenței unghiului de înclinare a tubului de conducere asupra

coeficientului de variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului utilizat (Fig. 4.6) se observă că funcția polinomială are un caracter lent descendent la valorile unghiului de înclinare ε a tubului de conducere cuprinse între 0-15° și capătă un caracter brusc descendent în intervalul 15-30° ale unghiului de înclinare a tubului de conducere. Cea mai mare valoare a coeficientului de variație a timpului dintre semințe (68,97%) este la tubul de conducere înclinat sub unghiul $\varepsilon = 0^\circ$.



Se observă că, odată cu mărirea unghiului de

înclinare a tubului $\varepsilon = 15-30^{\circ}$, coeficientul de variație a timpului se micșorează de la 68,25% la 53,48%, cu o diferență de 15 puncte procentuale. Cel mai mic coeficient de variație a timpului este la tubul de conducere înclinat sub un unghi $\varepsilon = 30^{\circ}$. Valoarea coeficientului de variație la acest tip de distribuție este 53,48%. În comparație cu sistemul standard de distribuție, valoarea coeficientului de variație a timpului dintre semințe este de 77,83 %.

În baza rezultatelor experimentale efectuate asupra tuburilor de conducere a semințelor, amplasate sub diferite unghiuri (ε) față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă (în intervalul 0; 15 și 30°) (Fig. 3.27), înclinate contra direcției deplasării semănătorii, a fost obținut modelul matematic al frecvenței statistice a coeficientului de variație a timpului dintre semințele distribuite în funcție de valorile factorilor prestabiliți, care se descrie prin relația (A.1.4).

Analiza variației variabilei C_v s-a efectuat conform teoriei erorii totale cu un grad de libertate. Gradul de libertate R^2 arată că modelul matematic obținut se conformează 90,9807% cu variabilitatea parametrului *m*. Eroarea standard estimată cu referire la reziduali este de 4,31272, iar eroarea medie absolută este egală cu 3,0083. Valoarea criteriului Durbin-Watson ne demonstrează că nu există nicio indicație de autocorelație a seriei la experiențele efectuate.

Din analiza diagramei standardizate a lui Pareto (Fig. 4.7) se observă că factorul principal care influențează cel mai mult coeficientul de variație a timpului scurs este turația cilindrului canelat.



Fig. 4.7. Diagrama standardizată a lui Pareto

Diagrama (Fig. 4.7) atestă că a crescut ponderea influenței factorului "turațiile cilindrului

canelat", ceea ce nu s-a observat la rezultatele obținute în cadrul cercetărilor asupra variației masei semințelor distribuite. În cazul dat, factorul "turații" are cea mai mare influență asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe, care este urmat, cu aproximativ aceeași pondere a influenței, de factorul



Fig. 4.8. Reprezentarea grafică a efectelor dominante

"viteza aerului din tubul de conducere". Totodată, factorul "unghiul de înclinare a tubului de conducere" ocupă al treilea loc după influență, acționând cu o pătrime mai puțin asupra variabilei coeficientului de variație a timpului.

Analiza reprezentării grafice a efectelor dominante (Fig. 4.8) demonstrează că factorul "turații" poartă caracter brusc ascendent în intervalul 10-60 min⁻¹ și formează o linie aproximativ constantă, iar coeficientul de variație a timpului este cel mai mic, adică 72%, la valoarea 10 min⁻¹ a turațiilor. Factorul "viteza aerului" are un caracter ascendent la valorile 0-2 m/s, după care descrie o linie ce poartă un caracter descendent între valorile 2-8 m/s, având cea mai mică valoare a coeficientului de variație de 67%. Unghiul de înclinare a tubului este descris de o polilinie descendentă, atingând nivelul minim de 77,5% al variabilei coeficientului de variație la valoarea de 30° a factorului.

Din analiza suprafețelor de răspuns (Fig. 4.9) se observă că factorul "viteza aerului" tinde să-i atribuie suprafeței de răspuns o formă încovoiată la unghiul de înclinare a tubului de 30°.

Valoarea minimală a coeficientului de variației a timpului se atinge la valoarea maximă a vitezei aerului, adică 8 m/s.

Factorul "turații" formează o suprafață aproximativ plană ascendentă, iar cel mai mic nivel al coeficientului de variație a timpului se atestă la valoarea 10 min⁻¹ a turațiilor.

optimă

Valoarea



în fucție de turațiile cilindrului canelat și viteza aerului din tub la înclinarea tubului de conducere sub un unghi de 30°

coeficientului de variație a timpului C_v , după minim, este egală cu 41,3606% pentru următoarele valori ale factorilor: turația – **10,0 min⁻¹**; viteza aerului – **8,0 m/s**; unghiul de înclinare a tubului – **30,0°**.

Rezultatele obținute la a doua etapă a cercetărilor efectuate în laborator la instalația experimentală asistată de calculator (vezi subcap. 3.3) asupra obiectului cercetării au fost comparate cu diferite obiecte la diferite regimuri de lucru ale sistemului de distribuție.

Ca obiecte ale cercetărilor experimentale au fost:

a

- aparatul de distribuție standard, cu diferite lungimi active ale canelurii (*L*) 13, 26
 și 39 mm;
- aparatul de distribuție experimental, la care canelurile cilindrului au fost efectuate sub un unghi de răsucire α_{rc}=22°, iar clapeta mobilă avea unghiul de lucru al părții capătului posterior δ_{lcl}=8°, la diferite turații ale cilindrului canelat. Tuburile de conducere erau amplasate sub unghiul ε = 0; 15; 30° față de axa verticală de scurgere a semințelor, înclinate contra direcției deplasării semănătorii;
- sistemul de distribuție experimental, compus din aparatul de distribuție experimental, la care a fost instalat dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe.

Regimurile de lucru la care au fost supuse obiectele cercetărilor sunt:

- turațiile cilindrului canelat (n): 10; 20; ... 60 min⁻¹;
- vitezele fluxului de aer (V_a) în tubul de conducere: 0; 2; 4; 4,5; 6; 8; 9 m/s.

Datele au fost prelucrate conform metodologiei descrise în subcapitolul 3.3 și prezentate sub formă de diagrame pentru fiecare obiect al cercetărilor la regimurile respective de lucru.

În figura 4.10 este prezentată influența turației cilindrului canelat asupra coeficientului de

variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului de distribuție.

Din analiza diagramei se observă că, cu cât este mai mare turația cilindrului canelat, cu atât mai mult aproximativ crește liniar coeficientul de variație a timpului la toate cele trei tipuri de aparate de distributie. Cel mai mare coeficient de variație, în functie de turatie, se atestă la aparatul de distributie



experimental, având o fluctuație mai mare dintre valori la diferite turații. Polilinia formată de aparatul experimental de distribuție are caracterul cel mai puțin ascendent în comparație cu celelalte două tipuri de aparate de distribuție. Valoarea cea mai mică a coeficientului de variație a timpului a aparatului de distribuție experimental este de 69,96% la turația cilindrului canelat de 20 min⁻¹.

La o privire pe ansamblu se observă că cele mai mici valori ale coeficientului de variație a timpului sunt la sistemul de distribuție experimental, care formează o linie aproximativ dreaptă, cu caracter ascendent mai puțin pronunțat, în comparație cu aparatul de distribuție standard, pe intervalul turației 10-60 min⁻¹.

Valoarea cea mai mică a coeficientului de variație a timpului este 53,14% la turația de 10 min⁻¹ a cilindrului canelat al sistemului de distribuție experimental.

În figura 4.11 este prezentată influența lungimii de lucru a cilindrului canelat asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului utilizat.

Din analiza diagramei se observă că odată cu creșterea lungimii de lucru a cilindrului canelat la aparatul de distribuție standard de la 11 la 33 mm se mărește și coeficientul de variație a timpului dintre semințe de la 69,25 la 87,29%, formând o linie dreaptă ascendentă. Cea mai mică valoare a coeficientului de variație a timpului (69,25 %) este la lungimea de lucru a cilindrului de 11 mm.



Fig. 4.11. Influența lungimii de lucru a cilindrului canelat asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului utilizat

Pentru a respecta aspectele teoretice ale amplitudinii absolute ($A_{asl} = S_{lmax} - S_{lmin} \le 20S_s$) a variației ariei suprafeței de lucru a canelurii corelate cu unghiul liniei de tăiere a părții capătului posterior al clapetei mobile, lungimea de lucru a cilindrului canelat la aparatul de distribuție experimental supus cercetărilor a fost de 33 mm.

Totodată se observă o creștere a coeficientului de variație a timpului la aparatul de distribuție experimental cu tubul de conducere amplasat sub unghiul $\varepsilon = 15^{\circ}$, în comparație cu aparatul de distribuție experimental cu tubul de conducere cu $\varepsilon = 0^{\circ}$, și o descreștere bruscă la tubul de conducere cu $\varepsilon = 30^{\circ}$ la valoarea cea mai mică a coeficientului de variație a timpului pentru aparatele de distribuție experimentale, 66,50%.

Cea mai mică valoare a coeficientului de variație a timpului – 61,64% – se atestă la sistemul de distribuție experimental cu lungimea de lucru a cilindrului canelat de 33 mm.

Din analiza diagramei influenței unghiului de înclinare a tubului de conducere asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe, în funcție de tipul aparatului utilizat (Fig. 4.12), se observă că cele mai mici valori ale coeficientului dat se atestă la sistemul experimental de distribuție, în componența căruia intră și dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe efectuat sub un unghi $\varepsilon = 30^{\circ}$, iar diametrul secțiunii transversale a tubului la evacuarea din dispozitivul de recepție și convertire este ≤ 20 mm. Valoarea coeficientului de variație la acest tip de distribuție este de 61,4%. În comparație cu sistemul standard de distribuție, cu cea mai mare valoare a coeficientului de variație (77,83 %), sistemul de distribuție experimental are o variație a uniformității de distribuție cu 16,43% mai mică.



Fig. 4.12. Influența unghiului de înclinare a tubului de conducere asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului utilizat

clapeta mobilă experimentală, cu tubul de conducere standard amplasat sub unghiul $\varepsilon = 0^{\circ}$ față de verticala de scurgere a fluxului de semințe, coeficientul de variație a timpului este cu un procent mai mic față de cel standard, adică 76,43%.

Din diagramă se observă că odată cu mărirea unghiului de înclinare a tubului, de la 0 la 15 și 30°, coeficientul de variație a timpului la aparatul de distribuție

experimental se micșorează de la 77,26% la 66,50%.

Influența vitezei aerului asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului utilizat este prezentată în figura 4.13.

La aparatul de distribuție experimental, în componența căruia intră cilindrul canelat și



Fig. 4.13. Influența vitezei aerului asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului utilizat

Din analiza diagramei se observă că coeficientul de variație a timpului este reprezentat de o polilinie curbă cu ramurile încovoiate în jos, aproximativ o curbă exponențială pe intervalul vitezei aerului 0-9 m/s. Cele mai mari valori ale coeficientului de variație a timpului dintre semințe

se atestă la aparatul de distribuție experimental cu tubul de conducere înclinat sub unghiul ε de 0 și 15°. Menționăm faptul că o scădere mai pronunțată a valorilor, de la 81% la 51%, are loc atunci când transportarea semințelor sub flux de aer se apropie de viteza critică de plutire, adică în intervalul 6-9 m/s. Pe intervalul vitezei aerului de 2-4,5 m/s, coeficientul de variație a timpului între semințe este descris mai mult de o linie puțin descendentă. Diferența dintre aparatul de distribuție experimental cu tubul de conducere înclinat sub unghiul $\varepsilon = 0^{\circ}$ și aparatul de distribuție experimental cu tubul de conducere înclinat sub unghiul $\varepsilon = 15^{\circ}$ se atestă doar atunci când viteza aerului din tubul de conducere este 0 m/s, fiind mai mică cu aproximativ 6%, adică 82,76%.

Polilinia coeficientului de variație a timpului dintre semințe, formată de aparatul de distribuție experimental cu tubul de conducere vertical ($\varepsilon = 0^{\circ}$), corespunde cel mai bine după formă cu linia exponențială.

Majorarea unghiului de înclinare a tubului de conducere până la 30° duce la micșorarea valorilor coeficientului de variație a timpului dintre semințe pe tot intervalul de viteze ale aerului din tubul de conducere (2-9 m/s).

Cele mai mici valori ale coeficientului de variație a timpului dintre semințe, pe tot intervalul de 0-9 m/s al vitezei aerului din tubul de conducere, se atestă la sistemul de distribuție

experimental. Polilinia formată tinde să capete aspect preponderent descendent, de la 67,71% la 45,17%.

Pentru a avea o imagine clară asupra dependenței coeficientului de variație a timpului dintre semințe, eșantionul de date obținute la instalația experimentală asistată de calculator a fost clasificat și analizat statistic în funcție de tipul aparatului de distribuție utilizat. Rezultatul obținut este prezentat în figura 4.14.



Fig. 4.14. Dependența coeficientului de variație a timpului dintre semințe în funcție de tipul aparatului de distribuție utilizat

Din analiza diagramei se observă că cea mai mare valoare a coeficientului de variație a timpului dintre semințe este la aparatul standard – 77,83%.

O valoare mai mică a coeficientului de variație a timpului dintre semințe, de 73,25%, se constată la aparatul de distribuție experimental cu diferite unghiuri de înclinare a tubului de conducere.

Sistemul de distribuție experimental în care este inclus și dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe are cea mai mică valoare -61,64% – a coeficientului de variație

a timpului dintre semințe. Diferența dintre sistemul de distribuție experimental și aparatul de distribuție standard este de 16,22 puncte procentuale, iar față de aparatul de distribuție experimental – de 11, 61 puncte procentuale.

Prelucrarea statistică, conform planului cu doi factori de diferite nivele (primul cu șase nivele, iar cel de-al doilea cu cinci nivele), a rezultatelor experimentale obținute la sistemul experimental de distribuție, a avut ca obiectiv obținerea modelului matematic (4.1) al frecvenței statistice a coeficientului de variație a timpului scurs dintre lovirea de către semințe a plăcii senzorului piezoelectric în funcție de turația cilindrului canelat experimental și viteza aerului din tubul de conducere.

$$C_{v} = 54,2156 + 0,451258 \cdot n + 2,33255 \cdot V_{a} + 0,000197568 \cdot n^{2} - 0,03251 \cdot n$$

$$\cdot V_{a} - 0,499644 \cdot V_{a}^{2}$$
(4.1)

în care: C_v – coeficientul de variație a timpului dintre semințe, %;

n – turațiile cilindrului cu caneluri, min⁻¹;

 V_a – viteza aerului, m/s.

Analiza reprezentării grafice a efectelor dominante (Fig. 4.15) ne arată că factorul turații poartă caracter brusc ascendent în intervalul 10-60 min⁻¹ și formează o linie constantă, iar coeficientul de variație a timpului este cel mai mic (58%) la valorile turațiilor de 10 min⁻¹.





Factorul "viteza aerului" are un caracter ascendent la valorile 0-2 m/s și descrie o linie descendentă între valorile 2-8 m/s, având cea mai mică valoare a coeficientului de variație de 48%.

Din analiza suprafețelor de răspuns (Fig. 4.16) se observă că factorul respectiv tinde să-i atribuie suprafeței de răspuns o formă încovoiată. Valoarea cea mai mică a coeficientului de variație a timpului este atinsă la valoarea maximă a vitezei aerului, de 8 m/s.



Fig. 4.16. Estimarea evoluției coeficientului de variație în raport cu turațiile cilindrului canelat și viteza aerului din tub la sistemul de distribuție experimental

Factorul "turații" formează o suprafață aproximativ plană ascendentă, iar cel mai mic nivel al coeficientului de variație a timpului se atestă la valoarea 10 min⁻¹.

Valoarea optimă a coeficientului de variație a timpului C_{ν} , după minim, este egală cu 42,83% pentru următoarele valori ale factorilor: turații – **10,0 min⁻¹**; viteza aerului – **8,0 m/s**.



Fig. 4.17. Uniformitatea distribuției semințelor la sistemul experimental de distribuție la diferite regimuri de lucru

4.1.3 Analiza repartizării semințelor de-a lungul rândului în canalul cu sol

În rezultatul analizei cercetărilor efectuate asupra diferitor tipuri de aparate de distribuție experimentale la instalația asistată de calculator, descrise în subcapitolul precedent, au fost stabiliți parametrii geometrici și regimurile optime de lucru. Cele mai bune rezultate au fost obținute cu sistemul de distribuție experimental.

Cercetările experimentale efectuate la canalul cu sol cu căruciorul mobil experimental (vezi subcap.3.4) au avut ca obiectiv stabilirea parametrilor optimi cu cel mai mic coeficient de variație a distanței dintre semințele distribuite.

Ca obiect al cercetărilor experimentale a fost sistemul de distribuție experimental compus din aparatul de distribuție experimental la care canelurile cilindrului au fost efectuate sub un unghi de răsucire $\alpha_{rc} = 22^{\circ}$, iar clapeta mobilă avea unghiul de lucru al părții capătului posterior $\delta_{lcl} = 8^{\circ}$. În partea evacuării semințelor de pe clapeta mobilă a fost instalat dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe, elaborat sub un unghi $\varepsilon = 30^{\circ}$ față de axa verticală de scurgere a semintelor si înclinat contra directiei deplasării semănătorii.

Regimurile de lucru la care a fost supus obiectul cercetărilor sunt:

- vitezele de deplasare (V_d) a căruciorului mobil 1; 2,1; 3,2 m/s;
- turațiile (n) cilindrului canelat -10; 20; ... 60 min⁻¹;
- vitezele fluxului de aer (V_a) din tubul de conducere 0; 2; 4; 4,5; 6; 8; 9 m/s.

Rezultatele obținute în urma cercetărilor efectuate la canalul cu sol asupra sistemului de distribuție experimental la diferite regimuri de lucru au fost prelucrate conform metodologiei descrise în subcapitolul 3.4.3. și prezentate sub formă de diagrame pentru fiecare regim de lucru.

Reprezentarea grafică a influenței vitezei aerului din tubul de conducere asupra coeficientului de variație a distanței dintre semințe (Fig. 4.18) este descrisă de o parabolă ale cărei ramuri descresc puțin pe intervalul vitezei aerului 0-4 m/s – de la 30,02% la 28,98%, cu o diferență de un punct procentual, și capătă caracter de creștere accentuat pe intervalul vitezei aerului 4-8 m/s – de la 28,98% la 35,30%, cu o diferență de 7 puncte procentuale.

Cea mai mică valoare a coeficientului de variație a distanței dintre semințe este la viteza aerului din tubul de conducere de 4 m/s.

Reprezentarea grafică a influenței vitezei de deplasare a căruciorului mobil asupra coeficientului de variație a distanței dintre semințe (Fig. 4.19) este descrisă de o funcție liniară cu caracter descendent pe intervalul vitezei de deplasare a căruciorului mobil 1-



Fig. 4.18. Influența vitezei aerului din tubul de conducere asupra coeficientului de variație a distanței dintre semințe



deplasare a căruciorului mobil asupra coeficientului de variație a distanței dintre semințe

3,2 m/s – de la 39,01% la 19,68%. Descreșterea coeficientului de variație a distanței dintre semințe este de aproximativ 10 puncte procentuale. Cea mai mică valoare a coeficientului de variație, 19,68%, este la viteza de deplasare a căruciorului mobil de 3,2 m/s.

O vizualizare mai reprezentativă a influenței vitezei aerului la cele trei viteze de deplasare a căruciorului asupra coeficientului de variație a distanței dintre semințe este prezentată în figura 4.20.

Din analiza diagramei se observă că coeficientul de variație a distanței dintre semințe este descris de o funcție liniară descendentă în funcție de viteza de deplasare a căruciorului mobil la toate trei viteze ale aerului, de 0, 4 și 8 m/s.





Un caracter mai pronunțat de descreștere se observă la viteza aerului de 0 m/s, unde coeficientul de variație a distanței dintre semințe scade de la 35,26%, la viteza de deplasare 1 m/s, la 29,35%, la viteza de deplasare 2,1 m/s, adică cu 6 puncte procentuale, până la 13,44% la viteza de deplasare 3,2 m/s, ceea ce înseamnă o scădere cu aproximativ 16 puncte procentuale.

La viteza aerului de 4 m/s, descreșterea coeficientului de variație a distanței dintre semințe este mai puțin pronunțată, cu o diferență de 10% între vitezele de deplasare a căruciorului de 1 m/s și 2,1 m/s, și cu 6% diferență între vitezele de deplasare de 2,1 și 3,2 m/s.

Cea mai stabilă descreștere a funcției liniare descrisă de coeficientul de variație a distanței dintre semințe este la viteza aerului din tubul de conducere de 8 m/s, cu o diferență dintre cele trei viteze de deplasare de aproximativ 10%.

Influența vitezei aerului din tubul de conducere, în funcție de viteza de deplasare, este descrisă de o funcție polinomială sub formă de curbă cu ramurile îndreptate în sus la viteza de

deplasare 1 și 2,1 m/s, cu o încovoiere mai pronunțată la 2,1 m/s. În comparație cu curba funcției polinomiale formate la viteza de deplasare 1 și 2,1 m/s, la viteza de 3,2 m/s ramurile curbei sunt îndreptate în jos.

Cele mai mici valori ale coeficientului de variație a distanței dintre semințe sunt la viteza de deplasare a căruciorului mobil de 3,2 m/s pe tot intervalul vitezei aerului de la 8 m/s - 22,03 %, 4 m/s - 19,69 % și 0 m/s - 13,44 %.

În baza rezultatelor experimentale obținute la cercetarea sistemului de distribuție experimental, în componența căruia intră și dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe prin care se refula un flux de aer cu viteze (v_a) în intervalul 0, 2, ...8 m/s, la deplasarea acestuia față de suprafața solului cu ajutorul căruciorului mobil la viteze (v_d) de 1, 2,1 și 3,2 m/s, a fost obținut modelul matematic al frecvenței statistice a coeficientului de variație a distanței dintre semințele distribuite în dependență de valorile factorilor prestabiliți, care se descrie prin următoarea relație:

$$C_{v} = 24,8869 - 4,41566 \cdot v_{d} + 0,487617 \cdot n - 3,01348 \cdot v_{a} - 0,0851722$$

$$\cdot v_{d}^{2} - 0,0466125 \cdot v_{d} \cdot n + 0,42746 \cdot v_{d} \cdot v_{a}$$

$$- 0,00154408 \cdot n^{2} - 0,00883063 \cdot n \cdot v_{a} + 0,313695 \cdot v_{a}^{2},$$

$$(4.2)$$

în care: C_v – coeficient de variație a distanței dintre semințe, %;

 v_d – viteza de deplasare a căruciorului mobil, m/s;

n – turațiile cilindrului cu caneluri, min⁻¹;

 v_a – viteza aerului din tubul de conducere, m/s.

Din analiza diagramei (Fig. 4.21) se observă că factorul principal care influențează cel mai mult coeficientul de variație a distanței dintre semințele distribuite cu sistemul experimental în canalul cu sol este viteza de deplasare a căruciorului mobil.





Factorul "turația cilindrului canelat" este pe locul doi în ceea ce privește ponderea influenței asupra coeficientului de variație a distanței dintre semințe, după viteza de deplasare.
Influența vitezei aerului din tubul de conducere este aproximativ de șase ori mai mică în comparație cu viteza de deplasare.

Din analiza suprafețelor de răspuns (Fig. 4.22) la valoarea factorului "turații" de 20 min⁻¹ se observă că factorul "viteza de deplasare" formează o suprafață aproximativ plană descendentă. Valoarea cea mai mică a coeficientului de variație a distanței dintre semințe, de 13%, se constată la viteza de deplasare de 3,4 m/s.



Fig. 4.22. Estimarea evoluției coeficientului de variație a distanței dintre semințe în raport cu viteza de deplasare a căruciorului experimental și viteza aerului din tub la turația cilindrului canelat de 20 min⁻¹

Factorul viteza aerului tinde să-i atribuie suprafeței de răspuns o formă de parabolă. Valoarea cea mai mică a coeficientului de variație a distanței dintre semințe, 13%, este la valoarea factorului "viteza aerului" de 3 m/s.

Valoarea optimă a coeficientului de variație C_{ν} , după minim, este egală cu 13,38 % pentru următoarele valori ale factorilor: viteza de deplasare – **3,2 m/s**; turații – **10,0 min⁻¹**; viteza aerului – **2,9 m/s**.

4.2 Rezultatele cercetărilor în câmp

Rezultatele obținute în laborator pot fi coerente doar dacă acestea au fost verificate și în condiții reale de lucru. Pentru o apreciere conform cerințelor, în baza rezultatelor cercetărilor experimentale efectuate în laborator (vezi subcap. de mai sus) au fost organizate experiențe în câmp cu mașina de semănat în rânduri culturi cerealiere de tip SZ-3,6A.

Cercetările experimentale efectuate în câmp la semănătoarea experimentală (vezi subcap. 3.5) au avut ca obiectiv stabilirea parametrilor optimi cu cel mai mic coeficient de variație a distanței dintre plante.

Ca obiecte al cercetărilor experimentale au fost:

- sistemul de distribuție experimental la care canelurile cilindrului canelat au fost

efectuate sub un unghi de răsucire $\alpha_{rc}=22^{\circ}$, iar clapeta mobilă avea unghiul de lucru al părții capătului posterior $\delta_{lcl}=8^{\circ}$. Dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe a fost elaborat sub un unghi $\varepsilon=30^{\circ}$ față de axa verticală de scurgere a semințelor, fiind înclinat contra direcției deplasării semănătorii;

- aparatul de distribuție experimental la care canelurile cilindrului canelat au fost efectuate sub un unghi de răsucire $\alpha_{rc}=16^\circ$, iar clapeta mobilă avea unghiul de lucru al părții capătului posterior $\delta_{lcl}=0^\circ$.

Rezultatele obținute în urma cercetările efectuate în câmp cu semănătoarea experimentală la diferite regimuri de lucru ale sistemului de distribuție au fost prelucrate și prezentate în diagrame pentru fiecare obiect al cercetărilor.

4.2.1 Influența uniformității repartizării semințelor asupra dezvoltării plantelor

După colectarea datelor din câmp în perioada de vegetație, de pe rândurile semănate cu aparatele experimentale și a celor semănate cu aparate de distribuție standard, acestea au fost prelucrate cu ajutorul programelor statistice conform metodologiei descrise mai sus (vezi subcap. 3.5.2), iar rezultatele prelucrării datelor sunt prezentate sub formă de diagramă în figura 4.23.





Din analiza graficului se observă că media înălțimii plantelor pe rândurile 4 și 5, semănate cu aparatele experimentale, este semnificativ mai mare în comparație cu media de pe rândurile semănate cu aparate de semănat obișnuite, având valoarea de 30,5 mm și 28,75 mm. Pe rândurile semănate cu aparate standard valoarea maximală a mediei înălțimii plantelor (24,75 mm) se atestă la rândurile 2 și 7. Cea mai mică valoare a mediei înălțimii plantelor (16,75 mm) este la rândul 6. Diferența dintre media înălțimii plantelor de pe rândurile semănate cu aparatele experimentale 4 și

5 și media valorilor înălțimii medii a plantelor pe rândurile semănate cu aparate standard este de 8,8 mm și, respectiv, 7,0 mm.

Valoarea procentuală a diferenței dintre rândurile semănate cu aparatele experimentale 4 și 5 este mai mare cu aproximativ 28,9% și, respectiv, 24,6%.

Aceeași diferență a mediei înălțimii plantelor în funcție de sistemul de distribuție utilizat se observă și în fotografiile elaborate în timpul efectuării măsurătorilor în câmp (Fig. 4.24).



Fig. 4.24. Diferența dezvoltării plantelor în funcție de uniformitatea distribuției pe rând a semințelor:

a) evoluția plantelor în funcție de rândurile semănate cu diferite sisteme de distribuție: 1), 2) sistemul de distribuție experimental; 3), 4) sistemul de distribuție standard; b) aspect din timpul măsurării lungimii plantelor de pe rândurile semănate cu sistem experimental; c), d) aspecte din timpul măsurării lungimii plantelor de pe rândurile semănate cu sistem experimental: 5) spații libere dintre plante.

Din analiza fotografiilor câmpului semănat cu diferite sisteme de distribuție se observă că uniformitatea de distribuție plantelor pe rândurile semănate cu sisteme experimentale (Fig. 4.24 a), 1), 2)) este mai bună în comparație cu rândurile semănate cu sisteme standard (Fig. 4.24 a), 3), 4)), la care, pe alocuri, se observă spații fără plante de-a lungul rândului. Totodată se observă că în rândurile semănate cu sistemul standard, unde distribuția plantelor este neuniformă, dezvoltarea în înălțime a tulpinilor este mai lentă, chiar dacă este asigurată o zonă de hrănire mai mare decât cea necesară și este exclus factorul de concurență. Aceasta se poate explica prin umiditatea scăzută a solului, cauzată de expunerea excesivă la soare a zonei dintre plante, care uneori este de câțiva centimetri.

Pe unele porțiuni se observă o densitate mai mare a plantelor pe o porțiune foarte mică, adică trei, patru plante pe o lungime de doi centimetri, cea ce provoacă o concurență dură între plante. Aceste abateri sunt cauzate de caracterul pulsatoriu de distribuție al aparatului standard, de organizarea haotică a fluxului de semințe în pâlnie și inversia semințelor din tubul de conducere.

Pe rândurile semănate cu sistem de distribuție experimental 1, 2 se observă un număr mai mare de plante și o distribuție mai uniformă pe lungimea rândului. Chiar dacă zona de hrănire a

plantelor este mai mică, distribuția plantelor este mai uniformă, ceea ce creează condiții de hrană egale pentru toate plantele și o menținere mai bună a umidității în sol prin limitarea accesului razelor solare pe suprafața solului.

4.2.2 Influența uniformității repartizării semințelor asupra recoltei

După colectarea datelor din câmp până la recoltare, de pe rândurile semănate cu aparatele experimentale și cele semănate cu aparate de distribuție standard, spicele au fost numărate și prelucrate cu ajutorul programelor statistice conform metodologiei descrise mai sus (vezi subcap. 3.5.3). Rezultatele obținute în urma analizei One-Way ANOVA a distanței dintre semințe în funcție de rândul semănat sunt prezentate mai jos (Fig. 4.25).



Media — Minimum — Maximum — Diapazon — Coeficientul de variație a distanței dintre plante
 Fig. 4.25. Variația distanței și a coeficientului de variație a distanței dintre plante în funcție de rândul semănat

Din analiza diagramei se observă că cel mai mic coeficient de variație a distanței dintre semințe, 37,18%, este la rândul 2 semănat cu aparat experimental de distribuție. Coeficientul de variație a distanței dintre semințe la rândul 1, unde a fost utilizat sistemul experimental, este cu două puncte procentuale mai mare, adică 39,22%.

La rândurile semănate cu aparate de distribuție standard se observă o fluctuație a valorilor coeficientului de variație a distanței dintre semințe de la 39,00% la 53,75%. Valoare cea mai mică a coeficientului de variație a distanței dintre semințe la aparatele de distribuție standard, 39%, se atestă doar la rândul 3. La rândurile 4, 5, 6, 7 și 8, coeficientul de variație are valori cuprinse între 45 și 53%.

Distanța minimă dintre plante este aproximativ aceeași la toate rândurile. Cea mai mică distanța dintre plante, 1,25 mm, se atestă la rândurile semănate cu aparate experimentale de distribuție. Pe rândurile semănate cu sistem de distribuție standard distanța minimă dintre plante este de aproximativ 2 mm.

Distanța medie dintre plante este descrisă de o polilinie cu valori cuprinse între 2,6 mm și 4,32 mm. Cea mai mică valoare, 2,6 mm, este pe rândul semănat cu aparat experimental de distribuție. Pe rândul semănat cu sistem de distribuție experimental, distanța medie dintre plante este 3,05 mm, cu 0,45 mm mai mare față de rândul 2. Pe rândurile semănate cu sistem standard de distribuție distanța medie dintre plante variază în intervalul de la 2,99 mm până la 4,32 mm, având media pe toate rândurile de aproximativ 3,7 mm.

Distanța maximă dintre plante are cele mai mici valori de 5 mm pe rândurile 1 și 2, semănate cu sistemul experimental și, respectiv, cu aparatul experimental de distribuție. Cele mai mari valori ale distanței maxime dintre plante, de 10 mm, sunt pe rândurile semănate cu aparate de distribuție standard.

Diapazonul distanței dintre plante este un indicator ce caracterizează diferența dintre distanța maximă și distanța minimă dintre plante. Acest indicator oferă informații despre abaterea distanței dintre plante față de distanța minimă pe rând. Din analiza figurii 4.25 se observă că cel mai mic diapazon al distanței dintre plante, 3,75 mm, este la rândurile 1 și 2, semănate cu sistemul experimental și, respectiv, cu aparatul experimental de distribuție. Pe rândurile semănate cu aparate standard, diapazonul distanței dintre plante capătă valori de până la 8,57 mm (rândurile 4, 8) datorită faptului că distanța minimă pe aceste rânduri (1,43 mm) este mai mică față de celelalte rânduri, unde distanța minimă e de 2 mm și diapazonul distanței dintre plante este de 8 mm.

A doua etapă a analizei datelor colectate din câmp până la recoltare, de pe rândurile semănate cu aparatele experimentale și de pe cele semănate cu aparate de distribuție standard, constă în prelucrarea cu ajutorul programelor statistice conform metodologiei descrise mai sus (vezi subcap. 3.5.4). Rezultatele obținute în urma analizei One-Way ANOVA a masei medii a spicului, a numărului mediu de boabe în spic, a masei a 1000 de boabe și a numărului de plante la un metru liniar, în funcție de rândul semănat, sunt prezentate în tabelul A.1.17.

În baza valorilor obținute în urma analizei One-Way ANOVA au fost construite diagrame pentru fiecare indicator în parte, prezentate în figurile de mai jos.

În figura 4.26 este prezentată variația numărului mediu de boabe în spic, numărului de plante la un metru liniar și coeficientul de variație a distanței dintre plante în funcție de rândul semănat.

Din analiza diagramei se observă că numărul mediu de boabe în spic este aproximativ același, de la 23 la 27 de boabe pe rândurile 3-8 semănate cu aparate de distribuție standard, iar

numărul mediu de plante la un metru liniar are o fluctuație mai mare a valorilor, în intervalul 23-34 de plante.



Fig. 4.26. Variația numărului mediu de boabe în spic, numărului de plante la un metru liniar și coeficientul de variație a distanței dintre plante în funcție de rândul semănat

La rândurile semănate cu aparate standard, cele mai mari valori ale numărului de boabe în spic se atestă pe rândurile 6, 7 și 8, la care numărul mediu de plante la un metru liniar are valori mai mici, 25-29 de plante, și coeficientul de variație a distanței dintre plante de asemenea este mai mic, în comparație cu rândurile 3, 4 și 5. Pe aceste rânduri – 3, 4 și 5 semănate cu aparate standard, se observă o descreștere a numărului mediu de boabe în spic, valorile situându-se în intervalul 23-25 boabe, chiar dacă numărul mediu de plante la un metru liniar este mai mare în comparație cu rândurile 6, 7 și 8 semănate cu același tip de aparat de distribuție.

Cel mai mare număr mediu de plante la un metru liniar - 40 de plante - se înregistrează pe rândul 2 semănat cu aparatul experimental, unde se atestă și cel mai mic coeficient de variație 37,18 %, iar numărul mediu de boabe în spic este de 25 de boabe, aproximativ aceeași valoare ca și la rândurile semănate cu aparate standard. Cel mai mare număr mediu de plante la un metru liniar - 40 de plante - se înregistrează pe rândul 2 semănat cu aparatul experimental, unde se atestă și cel mai mic coeficient de variație 37,18 %, iar numărul mediu de plante - se înregistrează pe rândul 2 semănat cu aparatul experimental, unde se atestă și cel mai mic coeficient de variație 37,18 %, iar numărul mediu de boabe în spic este de 25 de boabe, aproximativ aceeași valoare ca și la rândurile semănate cu aparate standard.

Cel mai mare număr mediu de boabe în spic, de 32 de boabe, este pe rândul 1, semănat cu sistem experimental de distribuție, cu aproximativ 7 boabe mai mult față de rândurile semănate cu aparatul experimental și cele semănate cu aparate standard. Numărul mediu de plante la un metru liniar este cu 7 plante mai mic față de rândul 2, adică 33 de plante, iar față de cele semănate cu aparate standard este o diferență nesemnificativă și, în unele cazuri, pe rândurile 3 și 4, valorile

sunt aproape egale. Totodată se observă că chiar dacă diferența coeficientului de variație a distanței dintre plante 39,22% pe rândul 1 este cu două puncte procentuale mai mare față de rândul 2, iar numărul de plante la un metru liniar este mai mic pe rândul 1 semănat cu sistem de distribuție experimental, numărul de boabe este semnificativ mai mare față de rândul 2 semănat cu aparat experimental și față de rândurile semănate cu aparate de distribuție standard.



În figura 4.27 este prezentată variația masei medii a spicului și coeficientul de variație a distanței dintre plante în funcție de rândul semănat.

Fig. 4.27. Variația masei medii a spicului și coeficientul de variație a distanței dintre plante în funcție de rândul semănat

Din analiza diagramei prezentate în figura 4.27 se observă că cea mai mare masă medie a spicului este de 0,91 g, pe rândul 1 semănat cu sistemul experimental, urmată de masa medie a spicului de pe rândul 2 semănat cu aparatul experimental, 0,71 g. Coeficientul de variație a distanței dintre semințe la rândul 1 este cu două puncte procentuale mai mare față de rândul 2, adică 39,22% față de 37,18%.

La rândurile semănate cu aparate de distribuție standard se observă o fluctuație a valorilor masei medii a spicului de la 0,64 g la 0,77 g, majoritatea având 0,70-0,72 g, iar valoarea de 0,64 g se atestă doar la rândul 7.

Aceeași fluctuație a valorilor se constată și la coeficientul de variație a distanței dintre semințe la rândurile semănate cu aparte de distribuție standard – de la 39,00% la 53,75%. Cea mai mică valoare a coeficientului de variație a distanței dintre semințe la aparatele standard, de 39%, se atestă doar la rândul 3, masa medie a spicului fiind de 0,68 g. Media coeficientului de variație a distanței dintre semințe pe rândurile 4-8 este de 48,05%, cu 9% mai mare față de sistemul experimental, iar media masei spicului reprezintă 0,64 g, cu 0,27 g mai puțin față de sistemul experimental.

În figura 4.28 este analizată variația masei a 1000 de boabe și coeficientul de variație a distanței dintre plante în funcție de rândul semănat.



Fig. 4.28. Variația masei a 1000 de boabe și coeficientul de variație a distanței dintre plante în funcție de rândul semănat

Din analiza diagramei se observă că fluctuația variației masei a 1000 de boabe este inversă față de polilinia ce descrie coeficientul de variație a distanței dintre plante.

Cea mai mare masă a 1000 de boabe (25,74) g este pe rândul 1, semănat cu sistem experimental de distribuție, cu un coeficient de variație a distanței dintre plante de 39,22%, urmat de rândul 2 semănat cu aparatul experimental, cu o diferență puțin semnificativă (24,14 g), chiar dacă coeficientul de variație a distanței este mai mic, 37,18%.

Pe rândurile 3-8, semănate cu aparate de distribuție standard, masa a 1000 de boabe variază de la 19,51 g până la 22,58 g, cu aproximativ 3-5 g mai puțin, ceea ce constituie o diferență semnificativă față de sistemele experimentale de distribuție.

Același lucru se observă și la coeficientul de variație a distanței dintre plante în comparație cu rândurile 1 și 2, semănate cu sisteme experimentale de distribuție. Chiar dacă coeficientul de variație a distanței dintre semințe pe rândul 3 (39%) este aproximativ egal cu cel de pe rândurile experimentale, egalitatea se observă și la masa a 1000 de boabe, care este de 22,23 g, adică cu 2 g și 3,5 g mai puțin față de rândul 2 și, respectiv, 1, semănate cu sisteme experimentale.

Pentru o vizualizare mai completă a influenței calității distribuției plantelor pe rând asupra indicilor de calitate ai recoltei obținute, în figura 4.29 este reprezentată variația masei medii a spicului, variația masei a 1000 de boabe, variația numărului mediu de boabe în spic și a numărului de plante la 1 m liniar în funcție de sistemul de distribuție utilizat pe rând.



Fig. 4.29. Variația numărului mediu de boabe în spic, a numărului de plante la un metru liniar, masei medii a spicului, masei a 1000 de boabe în funcție de rândul semănat

Din analiza comparativă a diagramei masei medii a spicului și masei a 1000 de boabe se observă că, pe rândul 2, masa medie a spicului și numărul mediu de boabe în spic sunt aproximativ aceleași, iar în unele cazuri sunt mai mici în comparație cu rândurile semănate cu aparate de distribuție standard, chiar dacă numărul mediu de plante la un metru liniar este mult mai mare. Diferența dintre rândurile semănate cu aparatul experimental și cele semănate cu aparate standard se manifestă la masa a 1000 de boabe, care este mai mare - 24,14 g.

Aceasta se explică prin numărul mai mare de plante (40) la un metru liniar, distribuite uniform (37,18%), cu o distanță medie între plante mai mică (2,6 mm), ceea ce a asigurat suprafețe de nutriție uniforme și a creat condiții favorabile pentru formarea spicelor cu o masă medie (0,71 g) mai mică și un număr mai mic de boabe în spic (25), dar cu o masă a 1000 de boabe (24,14 g) mai mare. Adică a rezultat un număr mare de plante cu spice mici, dar cu boabe mari.

Cele mai bune rezultate au fost obținute pe rândul 1, semănat cu sistemul de distribuție experimental, unde masa a 1000 de boabe este cea mai mare, chiar dacă numărul mediu de boabe

în spic este mai mare, iar numărul de plante la un metru liniar este aproximativ același ca și în rândurile semănate cu aparatele de distribuție standard.

În comparație cu rândul 2, semănat cu aparat experimental, masa medie a spicului este cu mult mai mare pe rândul semănat cu sistem experimental, chiar dacă coeficientul de variație a distanței dintre plante și distanța medie dintre plante este puțin mai mare, însă numărul de plante la un metru liniar este mai mic. Masa a 1000 de boabe este mai mare în comparație cu rândul 2, deși numărul mediu de boabe în spic este mai mare.

Rândul 1, semănat cu sistemul de distribuție experimental, se caracterizează printr-un număr mai mic de plante (33) la un metru liniar, cu un coeficient de variație (39,22%) a distanței dintre plante mai mic și o distanță medie dintre plante (3,05 mm) mai mare, ceea ce a asigurat suprafețe de nutriție uniforme mai mari și a creat condiții favorabile pentru formarea spicelor cu o masă medie mai mare (0,91 g) și un număr mai mare de boabe în spic (32 boabe). Aceasta a contribuit la obținerea unei recolte sporite și de o calitate superioară, având masa a 1000 de boabe mai mare (25,74 g) față de rândurile semănate cu aparatul de distribuție experimental și cu aparatele standard.

4.3 Argumentarea parametrilor constructivi ai sistemului de distribuție

Cele mai bune rezultate se obțin la aparatul de distribuție în care este instalat cilindrul canelat efectuat sub un unghi de răsucire $\alpha_{rc}=22^{\circ}$, aproximativ egal cu unghiul $\alpha_{elic}=13,65^{\circ}$, efectuat după linie elicoidală față de linia axială a cilindrului și înclinat față de rozetă spre direcția de evacuare a semințelor din aparatul de distribuție, la lungimea de lucru a cilindrului canelat $L_{lc}=33$ mm. Linia de tăiere a părții capătului posterior al clapetei mobile avea unghiul de lucru $\delta_{lcl}=8^{\circ}$.

Dispozitivul de recepție și convertire a fluxului de semințe este efectuat sub un unghi ε = 30° față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă, înclinat contra direcției deplasării semănătorii.

Rezultatul obținut constă în îmbunătățirea uniformității distribuției semințelor pe suprafața de dispersare. Au fost înregistrate următoarele valori ale coeficientului de variație a distribuției semințelor în funcție de modelul de cilindrul canelat:

- cilindrul canelat existent cu caneluri înclinate sub un unghi 0° față de linia axială v = 65...70%.
- cilindrul canelat existent cu canelurile efectuate după linie elicoidală sub un unghi 18÷22° față de linia axială – v = 44% și

- aparatul de distribuție propus -v = 13-26%;

Calitatea distribuției semințelor pe suprafața de dispersare la norme mici de semănat nu scade datorită faptului că reglarea aparatului de distribuție se efectuează prin micșorarea rotațiilor cilindrului canelat, dar nu prin deplasarea cilindrului canelat și a arborelui de acționare în direcția axială către interiorul sau exteriorul corpului aparatului de distribuție.

Datorită dispozitivului de recepție și convertire se micșorează diametrul secțiunii transversale a fluxului de semințe la evacuare din tubul de conducere, care este egal sau mai mic de 20 mm, iar axa repartizării fluxului de semințe este orientată de-a lungul axei rigolei, ceea ce duce la o suprafață de repartizare a semințelor mai mică și mai uniformă de-a lungul rigolei.

Toate acestea contribuie la îmbunătățirea calității semănatului și, implicit, la creșterea productivității, la reducerea costurilor și pierderilor în producția culturilor cerealiere.

4.4 Concluzii

1.Unghiul de orientare a canelurilor cilindrului aparatului experimental transformă modul de scurgere a semințelor din flux pulsatoriu în flux uniform, cu o micșorare semnificativă a coeficientului de variație a timpului – 53,14% la turația cilindrului canelat de 10 min⁻¹.

2.Înclinarea tubului de conducere a aparatului de distribuție experimental sub un unghi ε =30° duce la micșorarea coeficientului de variație a timpului la 53,48%, ceea ce este cu 24,35% mai puțin față de sistemul standard de distribuție, la care valoarea coeficientului de variație a timpului dintre semințe este 77,83%.

3.Factorul care influențează cel mai mult coeficientul de variație a timpului dintre semințe (41,36 %) la sistemul de distribuție experimental este viteza aerului, cu valoarea optimă de 8 m/s la turațiile cilindrului de 10 min⁻¹.

4.Relația regresivă a frecvenței statistice a coeficientului de variație a distanței dintre semințe la sistemul experimental de distribuție permite micșorarea coeficientului de variație până la 13,39%, obținut la valorile optimale: viteza de deplasarea a căruciorului mobil față de suprafața solului (v_d) de 3,2 m/s, viteza fluxului de aer (v_a) de 2,9 m/s și turația cilindrului canelat de 20 min⁻¹.

5.Reducerea timpului deplasării semințelor prin tubul de conducere permite majorarea vitezei de deplasare a agregatului cel puțin până la 12 km/h, cu respectarea strictă a cerințelor agrotehnice la semănatul culturilor cerealiere.

6.Rândurile semănate cu sistemul de distribuție experimental ($\alpha_{rc}=22^\circ$, $\delta_{lcl}=8^\circ$) se caracterizează printr-un număr mai mic de plante (33) la un metru liniar, un coeficient de variație

mai mic (39,22%) a distanței dintre plante și o distanță medie dintre plante (3,05 mm), ceea ce a asigurat suprafețe de nutriție uniforme mai mari și a creat condiții favorabile pentru formarea spicelor cu o masa medie crescută (0,91 g) și un număr sporit de boabe în spic (32). Acestea au contribuit la obținerea unei recolte mai bogate și de o calitate superioară, având o masa a 1000 de boabe mai mare (25,74 g) față de rândurile semănate cu aparatul de distribuție standard.

7.Rezultatele experiențelor de laborator, în canalul cu sol și de câmp demonstrează eficiența utilizării sistemului de distribuție experimental ($\alpha_{rc}=22^\circ$, $\delta_{lcl}=8^\circ$) în comparație cu sistemele de tip standard. Se exclude efectul pulsatoriu la dozare și inversia în timpul deplasării semințelor prin tubul de conducere, iar recolta sporește cu 9,91%.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

- Sunt dezvăluite şi studiate dezavantajele dispozitivelor de distribuție cu cilindru canelat utilizate în construcția maşinilor pentru semănat culturi cerealiere, dintre care principalele şi sistematice sunt denivelarea distribuției longitudinale a semințelor de-a lungul rândului, caracterul pulsatoriu în timpul dozării şi inversarea semințelor în timpul transportării lor prin tuburi de conducere până la locul încorporării lor în sol [1, 18, 19, 66].
- În baza studiului şi analizei surselor bibliografice, în domeniul sistemelor de dozare şi transportare, sunt propuse concepte pentru modernizarea acestora şi anume procesul de dozare şi transportare al semințelor, intensificat prin intermediul unui flux de aer. Brevet de invenție. Aparat de semănat cu cilindru canelat. Nr. 989, AGEPI. 2016 [66].
- 3. A fost efectuată o examinare analitică a sistemului modernizat de dozare şi transportare, privind funcționalitatea acestora, în procesul tehnologic efectuat de maşinile pentru semănat culturi cerealiere. Premisele teoretice sunt confirmate de numeroase experimente efectuate pe analogii ale modelelor dispozitivelor de distribuție investigate. În baza prelucrării rezultatelor experimentale au fost obținute modele matematice polinomiale care pot fi utilizate pentru optimizarea parametrilor tehnologici şi constructivi ale sistemului de dozare şi transportare [18, 66, 79].
- S-a demonstrat teoretic şi s-a stabilit experimental că, pentru a elimina caracterul pulsatoriu a dozării semințelor, canelurile dispozitivului de dozare a cilindrului canelat, trebuie să fie orientate sub un unghi de răsucire de 22⁰ [1, 12, 19, 66, 112].
- 5. La nivel teoretic şi experimental a fost rezolvată problema coordonării procesului de dozare a semințelor şi transportarea acestora de-a lungul tuburilor de conducere într-un flux de aer cu presiune. S-a demonstrat că viteza aerului în tubul de conducere a semințelor nu trebuie să o depăşească pe cea critică şi să fie în intervalul 4-8 m/s [18].
- Prin metodele de cercetare analitice şi experimentale s-a dovedit că unghiul de orientare a axei tubului de conducere a semințelor, în plan vertical trebui să fie egal cu 30⁰ [18, 66].
- 7. Studiile de laborator efectuate pe stand, în canalul cu sol şi în condițiile de producție au confirmat premisele teoretice şi constructive privind creşterea eficienței funcționării sistemului de distribuție şi dozare propus. Efectul economic anual de la implementarea sistemului de dozare şi transportare propus în construcția maşinii pentru semănat culturi cerealiere constituie 1575,4 lei/ha [12].

Recomandări privind direcții viitoare de cercetare

- 1. Elaborarea bazelor teoretice și tehnologice privind semănatul direct ale culturilor cerealiere și schemelor constructive ale mașinilor pentru realizarea lui.
- Elaborarea teoriei şi argumentarea parametrilor tehnologici şi constructivi ale aparatelor de distribuţie centralizate, cu transportarea seminţelor în flux de aer cu suprapresiune, spre organele de încorporare.
- Elaborarea teoriei organelor de încorporare în sol şi argumentarea parametrilor constructivi şi tehnologici ai maşinii pentru semănatul culturilor cerealiere adaptate la condițiile semănatului direct
- 4. Elaborarea programului de calcul care permite simularea numerică asistată de calculator și determinarea parametrilor optimi de funcționare al aparatelor de distribuție centralizate.

BIBLIOGRAFIE

- 1. GHEORGHIȚA, A.; SERBIN, V. Influența unghiului de orientare a canelurilor asupra masei semințelor distribuite la aparatele de distribuție cu cilindru canelat. Știința Agricolă, Chișinău, n. 1 (15), p. 108-112, 2013. ISSN ISSN 1857-0003.
- 2. MANEA, D.; COJOCARU, I.; MARIN, E. Determinarea în condiții de laborator a indicilor calitativi de lucru ai echipamentului tehnic mecano pneumatic pentru semănat cereale păioase, București, v. III, p. 32-39, 2008.
- 3. MALEKI, M. et al. Evaluation of Seed Distribution Uniformity of a Multi-flight Auger as a Grain Drill Metering Device. Biosystems Engineering, International Journal, 94, n. 4, 2006. 535-543.
- 4. YAZGI, A.; DEGIRMENCIOGLU, A. Measurement of seed spacing uniformity performance of a precision metering unit as function of the number of holes on vacuum plate. Measurement, International Journal, 56, 2014. 128-135.
- 5. GUȘ, P. et al. Combaterea buruienilor și folosirea corectă a erbicidelor. Cluj-Napoca: Risoprint, 2004. 261 p. ISBN 973-656-573.
- 6. IACOMI, C.; POPESCU, O. A New Concept for Seed Precision Planting. Agriculture and Agricultural Science Procedia, International Journal, v. 6, p. 38-43, 2015. ISSN 2210-7843.
- 7. BORUGA, I. Mecanizarea Agriculturii. București: Cartea Universitară, 2005. 415 p. ISBN 973-731-086-1.
- 8. BADESCU, M.; BORUZ, S. Mașini agricole si horticole. Craiova: Sitech, 2005. 218 p. ISBN 973-657-844-5.
- 9. DROCAȘ, I. et al. Reglarea mașinilor agricole de lucrat solul, semănat, plantat, fertilizat și protecția plantelor. Cluj-Napoca: Risoprint, 1999.
- 10. MCBRATNEY, A. et al. Future directions of precision agriculture. Precision Agriculture, International Journal, 6, n. 1, 2005. 7-23.
- 11. MITROI, A. Mecanizarea agriculturii, Manual universitar, USAMV. București: DID București, 2003. 354 p.
- GHEORGHIȚA, A. Rezultatele testării în cîmp a aparatului de distribuție cu cilindri canelați modernizați. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, Chişinău, v. 38, p. 83-87, 2013. ISBN 978-9975-64-125-8.
- 13. MANEA, D. Studii și cercetări privind optimizarea procesului de distribuție al unei semănători de cereale păioase cu dozare centralizată. FAT. Brașov, p. 81. 2011.
- 14. TUDOR, A. . Mașini Agricole, Manualul universitar pentru învățământ la distanță. Craiova: Universitatea din Craiova, 2010.
- 15. MIHAIU, I. et al. Reglarea mașinilor agricole. Cluj-Napoca: Risoprint, 2004. 320 p. ISBN 973-656-560-2.
- 16. ONISIE, T.; MARIUS, Z. Agrotehnica. Iași: Ion Ionescu de la Brad, 2002.
- 17. SCRIPNIC, V.; BABICIU, P. Mașini agricole. București: Ceres, 1979. 456 p.
- 18. GHEORGHIţA, A. Influenţa unghiului de înclinare a tubului de conducere şi a vitezei aerului asupra fluxului de seminţe dozate de aparatele cu cilindru canelat. Ştiinţa Agricolă, Chişinău, 2020, nr. 2, p. 85-90, 2020. ISSN 2587-3202.
- GHEORGHIȚA, A. Optimizarea unghiului de orientare a canelurilor după masa semințelor distribuită la aparatele cu cilindri canelați. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, Chişinău, v. 38, p. 79-83, 2013. ISBN 978-9975-64-125-8.

- 20. NAGHIU, L. Baza energetică pentru horticultură. Cluj-Napoca: Risoprint, v. I, 2008. 355 p. ISBN 978-973-751-811-8.
- PARASCHIV, G. et al. Maşini de lucrat solul, semănat şi întreținerea culturilor, Bucureşti, p. 130, 2005. ISBN 973-718-374-6.
- 22. ȚENU, I. Mașini pentru îmbunătățiri funciare. Iași: "GH. ASACHI" IAȘI, 2002. 441 p.
- 23. DRAGOMIRESCU I. et al. Mașini și utilaje agricole pentru gospodăriile individuale și asociațiile agricole. București: [s.n.], 1994. 132 p. ISBN-973-40-0277-5.
- 24. MANEA, D. et al. Cercetări teoretice si experimentale privind aparatele de distribuNie ale semănatorilor de cereale păioase cu dozare centralizată, București, v. I, p. 33-42, 2006.
- 25. FU, W. et al. Study on Precision Application Rate Technology for maize no-tillage planter in North China Plain. IFAC-PapersOnLine, 51, n. 17, 2018. 412-417.
- 26. MANEA, D. Cercetări privind realizarea unei semănători pentru cereale păioase cu dozare mecanică centralizată și distribuție pneumatică destinată tractoarelor de puteri mari, București, v. I, 2005.
- 27. JACK, D. S.; HESTERMAN, D. C.; GUZZOMI, A. L. Precision metering of Santalum spicatum (Australian Sandalwood) seeds. Biosystems Engineering, International Journal, v. 115, n. 2, p. 171-183, 2013. ISSN 1537-5110.
- 28. RUS, F. et al. Mașini agricole pentru lucrările solului și întreținerea culturilor. Brașov: UTB, 1987.
- 29. PARASCHIV, G. et al. Sisteme de acționare a mașinilor și instalațiilor, București, p. 188, 2008. ISBN 978-606-521-185-8.
- 30. DROCAȘ, I.; NAGHIU, A. Baza energetică pentru agricultură. Cluj-Napoca: Risoprint, 1999.
- 31. SALAUR, V. Mașini agricole. Chișinău: Universitas, 1993. 500 p.
- 32. CAPROIU ST. et al. Mașini agricole de lucrat solul, semănat și întreținere a culturilor. București: Didactica și pedagogică, 1982. 256 p.
- 33. SAMUIL, C. Tehnologii de agricultură ecologică. Iași: Iași, 2007.
- 34. XUE, A. et al. Test on Effect of the Operating Speed of Maize-soybean Interplanting Seeders on Performance of Seeder-metering Devices. Proceedia Engineering, International Journal, v. 1074, p. 353-359, 2017. ISSN 1877-7058.
- 35. PAUL, D. Baza energetică și mașini horticole. București: Ceres, 2014.
- 36. NAGHIU, A. et al. Baza energetică pentru agricultură. Cluj-Napoca: Risoprint, 2003. ISBN ISBN 973-656-374-x.
- 37. NAGHIU, A. et al. Mașini si instalații agricole. Cluj-Napoca: Risoprint, v. I, 2004.
- 38. SUGIRBAY, A. M. et al. Determination of pin-roller parameters and evaluation of the uniformity of granular fertilizer application metering devices in precision farming. Computers and Electronics in Agriculture, International Journal, v. 179, p. 105-108, 2020. ISSN 0168-1699.
- 39. WEI, S. et al. Vacuum and Air Flow for 2QXP-1 Vacuum Precision Seed Metering. Journal of Northeast Agricultural University (English Edition), International Journal, v. 20, n. 2, p. 61-64, 2013. ISSN 1006-8104.
- 40. ПРИСЯЖНАЯ, С. et al. Сеялка. Ru 2226760, A01C7/12, 20 abr. 2004.
- 41. ЛУРЬЕ, А. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления. Москва: Колос, 1979. 311 р.

- 42. ЛАВРЕНТЬЕВ, С. П.; МЫСЛИВЧЕНКО, А. В. Сельскохозяйственные машины. Новосибирск: Инженерного института НГАУ, 2010. ISBN УДК 631.34:632.
- 43. ЛУРЬЕ, А. Б.; ГРОМБЧЕВСКИЙ, А. А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. Л.: Машиностроение, 1975. 528 р.
- 44. ЛЕВЕНЕЦ, В. Н. Совершенствование технологических процессов, конструкции сельскохозяйственных машин и животноводческого оборудования. Кишинев: СХИ, 1979. 31-37 р.
- 45. ВОЗНЕСЕНСКИЙ, В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях, Финансы и статистика. М: [s.n.], 1981. 249 р.
- 46. ИВЖЕНКО, С. А. Механико-технологические основы совершенствования пневматического посева. Челябинск: Челябинск:, 1992.
- 47. BANSAL, R. K.; GHARRAS, O. E.; HAMILTON, H. J. A roller-type positive-feed mechanism for seed metering. Journal of Agricultural Engineering Research, International Journal, v. 43, p. 23-31, 2005. ISSN 0021-8634.
- 48. JIN, M. et al. Optimal Structure Design and Performance Tests of Seed metering Device with Fluted Rollers for Precision Wheat Seeding Machine. IFAC-PapersOnLine, International Journal, v. 51, n. 17, p. 509-514, 2018. ISSN 2405-8963.
- 49. KAMGAR, S.; NOEI-KHOD, F.; SHAFAEI, S. M. Design, development and field assessment of a controlled seed metering unit to be used in grain drills for direct seeding of wheat. Information Processing in Agriculture, International Journal, 2, n. 3-4, 2015. 169-176.
- 50. CAY, A.; KOCABIYIK, H.; MAY, S. Development of an electro-mechanic control system for seed-metering unit of single seed corn planters Part II: Field performance. Computers and Electronics in Agriculture, International Journal, 145, 2018. 11-17.
- 51. ЛАРЮШИН, Н. et al. Катушечный высевающий аппарат для высева мелкосеменных культур. RU 2468561, A01C7/12, 10 dez. 2012.
- 52. ГРЕГОР, Д.; ЛЕНДФЭР, Д. Дозировочная система высевающего устройства. Ru 2211555, A01C7/12, 10 set. 2003.
- 53. ТИМОФЕЕВ, И. Н. Высевающий аппарат. RU 2264699 C1, A01C 7/12, 27 nov. 2005.
- 54. КАРИМОВ, М. et al. Катушечный высевающий аппарат для мелкосемянных культур. RU 2461171 C2, A01C 7/12, 20 set. 2012.
- 55. НЕФЕДОВ, Е. et al. Высевающий аппарат. RU 2400042 C1, A01C 7/12, 27 set. 2010.
- 56. КАРИМОВ, М. et al. Катушечный многозаходный винтовой высевающий аппарат. RU 2461172 C2, A01C 7/12, 20 set. 2012.
- 57. НИКОЛАЕВ, В.; ПОПОВ, Д. Рядовая сеялка. RU 2384993 C1, A01C 7/12, 27 mar. 2010.
- 58. ПРИСЯЖНАЯ, С. et al. Катушечный высевающий аппарат точного высева. RU 2490854 C2, A01C 7/12, 27 ago. 2013.
- 59. КВАШНИН, Э. et al. Высевающий аппарат. Ru 2377757, A01C7/12, 10 jan. 2010.
- 60. ПЕТРОВ, А. et al. Высевающий аппарат. Ru 2473200, A01C7/12, 27 jan. 2013.
- 61. ГАБДУЛЛИН, А.; ЛИТВИНОВ, С.; ВИРЧЕНКО, И. Высевающий аппарат. Ru 2528207, A01C7/12, 10 set. 2014.
- 62. ПРИСЯЖНАЯ, С.; ПРИСЯЖНЫЙ, М.; ЦЫБАНЬ, А. Катушечный высевающий аппарат. Ru 2343676, A01C7/12, 20 jan. 2009.
- 63. ПОШАРНИКОВ, Ф.; ЦАПЛИН, Е. Катушечно-лопастной высевающий аппарат. Ru 2316930, 20 fev. 2008.

- 64. БОРОДЫЧЕВ, В. В. et al. Катушечный высевающий аппарат для высева мелкосемянных культур, в том числе амаранта. Ru 2202164, A01C7/12, 20 abr. 2003.
- 65. ЛАРЮШИН, Н. et al. Высевающий аппарат. RU 2384040 C1, A01C 7/12 din 20.03.2010, 20 mar. 2010.
- 66. GHEORGHIȚA, A. et al. Aparat de semănat cu cilindru canelat. Brevet de invenție, nr. 989, MD, Cererea depusă 2015, BOPI nr. 1/2016.
- 67. ABDOLAHZARE, Z.; MEHDIZADEHB, S. A. Real time laboratory and field monitoring of the effect of the operational parameters on seed falling speed and trajectory of pneumatic planter. Elsevier BV, International Journal, v. 145, p. 187-198, 2018. ISSN 0168-1699.
- 68. DOBRE, P. Baza energetică și mașini horticole. București: UȘAMV București, v. II, 2012. 181 p.
- 69. SERBIN, V. Теоретические предпосылки к исследованию процесса движения семян по семяпроводу при пневмотранспортировании. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, Chișinău, v. 38, p. 54-57, 2013. ISSN ISBN 978-9975-64-125-8.
- 70. БУЗЕНКОВ, Г. М.; МА, С. А. Машины для посева сельскохозяйственных культур. М.: Машиностроение, 1987. 272 р.
- 71. ХАЛАНСКИЙ, В. М.; ГОРБАЧЕВ, И. В. Сельскохозяйственные машины. Москва: Колосс, 2004. 662 р.
- 72. КОРН, Г.; КОРН, Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1984. 832 р.
- 73. CHAO, H.; LI, Y.; YING-YING, Z. Research on Repair Algorithms for Hole and Cracks Errors of STL Models. Computing and Intelligent Systems Communications in Computer and Information Science, Berlin, v. 234, p. 42-47, 2011. ISSN 978-3-642-24090-4.
- 74. SOLIDWORKS, D. S., 2015. Disponivel em: https://www.solidworks.com/product/solidworks-simulation. Acesso em: 25 mai 2015.
- 75. SOLIDWORKS, D. S., 2015. Disponivel em: https://www.solidworks.com/category/3d-cad. Acesso em: 24 mai 2015.
- 76. ЛУРЬЕ, А. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. Москва: Колос, 1981. 400 р.
- 77. GEAFIR, C. Cercetări teoretice și experimentale privind optimizarea proceselor de lucru ale separatoarelor gravimetrice pentru impuritățile din semințele de cereale. Brașov, p. 71. 2011.
- 78. KHOSHTAGHAZA, M. H.; MEHDIZADEH, R. Aerodynamic property of wheat kernel and straw materials, v. III, 2006.
- 79. GHEORGHIȚA, A.; SERBIN, V. Параметры определяющие полёт семян в бороздку с учётом сопротивления воздуха. СМВНПКМУ, Орел, р. 18-24, 2012. ISSN УДК 633.63.631:531.2.
- 80. SOLIDWORKS, D. S., 2015. Disponivel em: https://www.solidworks.com/product/solidworks-flow-simulation. Acesso em: 25 mai 2015.
- LEI, X.; LIAO, Y.; LIAO, Q. Simulation of seed motion in seed feeding device with DEM-CFD coupling approach for rapeseed and wheat. Computers and Electronics in Agriculture, International Journal, 131, 2016. 29-39.
- 82. HAN, D. et al. DEM-CFD coupling simulation and optimization of an inside-filling airblowing maize precision seed-metering device. Computers and Electronics in Agriculture, International Journal, v. 150, p. 426-438, 2018. ISSN 0168-1699.
- 83. FAUSTO, B.; HOLLY, R. The 3D Model Acquisition Pipeline. COMPUTER GRAPHICS, New York, 21, n. 2, 2002. 149-172.

- 84. GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. Additive Manufacturing Technologies, 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. New York, NY: Springer, 2015. 498 p. ISBN 978-1-4939-2112-6.
- 85. STEFANOS, N. M. Power Electronics and Motor Drive Systems. International Journal: Elsevier Inc., 2017. 1008 p. ISBN 978-0-12-811798-9.
- WENQING, X. et al. High efficiency motor design of electric air-suction Seed metering device. IFAC-PapersOnLine, International Journal, v. 51, n. 17, p. 866-870, 2018. ISSN 2405-8963.
- 87. BARR, M. Pulse Width Modulation. Embedded Systems Programming, International Journal, 2001. 103-104.
- 88. CIUC, M.; VERTAN, C. Prelucrarea statistică a semnalelor. Matrix Rom, 2005. 179 p.
- 89. JAFARI, M.; HEMMAT, A.; SADEGHI, M. Development and performance assessment of a DC electric variable-rate controller for use on grain drills. Computers and Electronics in Agriculture, International Journal, v. 73, n. 1, p. 56-65, 2010. ISSN 0168-1699.
- 90. ADAMCHUK, V. I. et al. On-the-go soil sensors for precision agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, International Journal, v. 44, n. 1, p. 71-91, 2004. ISSN 0168-1699.
- 91. JEFFREY, T.; JIM, K. LabVIEW for everyone: graphical programming made easy and fun. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, v. 3, 2007. ISBN 0131856723.
- POPESCU, A. Determinarea experimentală a unor caracteristici ale produselor agricole în stare granulară. scribd, 2014. Disponibil: https://www.scribd.com/doc/225236151/L1-Determinarea-Experimentala-a-Caracteristicilor-Produselor-Agricole. Acesso em: 20 jun. 2014.
- 93. RĂDULESCU, M. Metodologia cercetărilor științifice. București: Didactică și Pedagogică, 2011. 224 p.
- 94. HINRICHS, C.; BOILER, C. JMP Essentials: An Illustrated Step-by-Step Guide for New Users. Cary: SAS Institute Inc, 2007. 473 p. ISBN 978-1-59994-422-7.
- 95. PÁUNESCU, D. Cercetări privind monitorizarea la bord a parametrilor procesului de mecanizare a lucrărilor agricole de semănat. FAT. Brașov, p. 66. 2010.
- ROBERT, C. D.; ROBERT, W. L. The ROV Manual, A User Guide for Remotely Operated Vehicles. 2. ed. International Journal: Butterworth-Heinemann, 2014. 712 p. ISBN 978-0-08-098288-5.
- 97. PÅUNESCU, D. Research Regarding Automated Supervision of the Work Process of Precision Seed Drills, Nucurești, v. II, n. 2, 2009. ISSN 1583-1019.
- 98. МЕЛЬНИКОВ, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Л.: Колос, 2014. 213 р.
- 99. ЖИРАБОК, А. Н. Планирование эксперимента для построения математических моделей. Владивосток: ДГТУ, 2001. 127 р.
- 100. ЕРМОЛЬЕВ, Ю. И. Основы научных исследований в сельскохозяйственном машиностроении. Ростов: Издательский центр ДГТУ, 2003. 243 р.
- 101. CARVER, Practical Data Analysis with JMP, Third Edition. 3. ed. Cary: SAS Institute Inc, 2019. 442 p. ISBN 978-1-64295-614-6.
- 102. LARS, S.; SVANTE, W. Analysis of variance (ANOVA). Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, International Journal, v. 6, n. 4, p. 259-272, 2001.
- 103. MONTGOMERY, D. C. Design and Analysis of Experiments. 5. ed. New York, NY.: John Wiley & Sons, 2000. 699 p. ISBN 0-471-31649-0.

- 104. RUSHING, H.; KARL, A.; WISNOWSKI, J. Design and Analysis of Experiments by Douglas Montgomery: A Supplement for. Cary: SAS Institute Inc, 2013. 285 p. ISBN 978-1-61290-725-3.
- 105. XIAOBO, X. et al. Design and experiment of no-tube seeder for wheat sowing. Soil and Tillage Research, International Journal, v. 204, 2020. ISSN 0167-1987.
- 106. SINGH, R. C.; SINGH, G.; SARASWAT, D. C. Optimisation of Design and Operational Parameters of a Pneumatic Seed Metering Device for Planting Cottonseeds. Biosystems Engineering, International Journal, 92, n. 4, 2005. 429-438.
- 107. CARVER,. Practical Data Analysis with JMP. 1. ed. Cary: SAS Institute Inc., 2010. 397 p. ISBN 978-1-60764-475-0.
- 108. THOMAS, R. P. Statistical Methods for Quality Improvement. 3. ed. [S.I.]: JOHN WILEY AND SONS, INC, 2011. 704 p. ISBN 978-1-118-05810-7.
- 109. PETER, G.; DAVID, M. Statistics with JMP: Hypothesis Tests, Anova and Regression. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, 2016. 799 p. ISBN 9781119097150.
- 110. DANCIU, I. Tehnologia și utilajul industriei morăritului. Sibiu: Editura Univ. "Lucian Blaga", 1997.
- 111. LOGHIN, F. Contribuții privind cinematica și dinamica transmisiilor cu mișcare intermitentă ale mașinilor de semănat universale. FAT. BRAȘOV, p. 80. 2010.
- 112. GHEORGHITA A., Novotný Ondřej, et. al., Improved design of mechanical seed drill distribution system for agricultural and energy crops. *Book of abstracts*, CULS, Praga, 2013, p. 31

Anexa A.1. Rezultatele cercetărilor

Proprietățile fizico-mecanice ale semințelor

Tabelul A.1.1. Porozitatea [78] și valorile unghiului de taluz natural [28], masa hectolitrică [110], unghiurile de frecare φ_0 , umiditatea 15% [110]

Sămânța	Masa hectolitrică	Porozit atea	Unghiul de taluz	Ungh țe	iurile p evi, grad	entru le
	Kg/hl	[%]	natural, grade	Lemn	Beton	Tablă de
Grâu	68 - 85	3545	2238	22	24	23
Secară		3545	2348			
Orz	60 - 70	4555		23	25	23
Ovăz	38-48	5070	3154	24	25	22

Tabelul A.1.2. Proprietățile fizice [28] și aerodinamice ale semințelor

	Dime	nsiunile se	minței	MMB	MMB	MMB	Masa	Prop	rietățiti aerodina	amice
Sămânța	Lungime [mm]	Lățime [mm]	Înălțime [mm]	[g]	specifică [g/cm ³]	Viteza de plutire [m/s]	Coeficient de rezistenta aerodinamic, C	Viteza de plutire <i>vc</i> , m/s		
Grâu	4,88,0	1,84,0	1,63,6	2040	1,21,5	8,911,5	0,18-0,26	8,1-12,3		
Secară	5,010,0	1,43,6	1,03,5	3038	1,21,5	8,38,90	0,16-0,22	8,3 – 9,9		
Orz	7,014,6	2,05,0	1,24,5	2358	1,31,4	8,410,8	0,19-0,27	8,4 - 10,7		
Ovăz	8,018,6	1,44,0	1,04,0	3234	1,11,2	8,09,10				

Masa hectolitrică

În

(Fig. A.1.2).

Fig.

multifunctional LM-81AM.

Pentru

anemometrului digital portabil

turatiilor arborilor se utilizează

fototahometrul digital cu laser

portabil de model DT - 2234B

Se determină cu cilindrul pentru determinarea masei hectolitrice și permite stabilirea masei de cereale care ocupă un volum de 1 litru (Fig. A.1.1).

Cerealele au valori diferite pentru masa hectolitrică după cum se observă din tabelul A.1.3.

Tabelul A.1.3.	Masa	hectolitrică	a	semințelor	de sorg
	calib	rat (Indicele	0	.46)	

	cumptur (marcere	0,10)
Diametru	Masa volumetrică	Masa
	cu tară, g	volumetrică, g/l
2,5	859,9	759,9
3,5	886,1	785,6

A.1.2

determinarea

Anemometru portabil Tahometru digital

este prezentată schema



Fig. A.1.2. Anemometru digital și fototahometru digital



Fig. A.1.1. Cilindru pentru determinarea masei hectolitrice: 1 – cilindru cu pâlnie, 2 – pâlnie tronconică, 3 – clapetă, 4 – cilindru intermediar, 5 – disc, 6 – cuțit, 7 – cilindru cu volum etalonat, 8 – piesă de fixare, 9 – orificiu cilindric.

Tabelul A.1.4. Planul Box–Benkin (3³) al intervalele de variație a factorilor și rezultatele experimentelor efectuate la

standul experimental						
a _{elic,}	Т,	La,	M 10 s,	M 1 t,		
0	min ⁻¹	mm	g	g		
-19	50	13	44,3	5,316		
0	60	13	56,0	5,600		
0	50	26	107,7	12,924		
-19	60	26	123,0	12,300		
19	50	39	144,3	17,316		
-19	50	39	161,7	19,404		
0	60	39	206,0	20,600		
0	40	13	34,7	5,205		
0	50	26	111,3	13,356		
0	50	26	111,7	13,404		
-19	40	26	79,7	11,955		
19	40	26	85,0	12,750		
19	50	13	49,7	5,964		
19	60	26	124,0	12,400		
0	40	39	148,7	22,305		



Fig. A.1.3. Estimarea evoluției masei semințelor față de unghiul de orientare a canelurilor R^2 = 98.4672 %; R^2 (corectat pentru grad libertate) = 95.708 %; Eroare standard estim. = 1.14705; Eroare medie absolută = 0.562367; Statistica Durbin-Watson = 1.73868 (P=0.1390); Autocorelație a rezidualilor = -0.0407646.

Ecuația dependenței multifactoriale a frecvenței masei semințelor distribuite: $m = 0.99575 + 0.114138 \cdot \alpha_{elic} - 0.186812 \cdot n + 0.778538 \cdot L - 0.00319148 \cdot U_c^2$ $- 0.000914474 \cdot \alpha_{elic} \cdot n - 0.00276923 \cdot \alpha_{elic} \cdot L + 0.00275375 \cdot n^2$ (A.1.1) $- 0.00403846 \cdot n \cdot L - 0.000448964 \cdot L^2$

în care: m – masa semințelor distribuită de aparat, g; α_{elic} – unghiul de orientare a canelurilor, grade; n – turațiile cilindrului cu caneluri, min⁻¹; L – lungimea activă a canelurilor, mm.

Valoarea optimă a masei semințelor distribuite "m", după maxim, este egală cu 21.382 g pentru valorile factorilor: Unghiul canelurii - -4.77°; Turațiile - 40.0 min⁻¹; Lungimea cilindrului canelat - 39.0, mm [1].

Tabelul A.1.5. Planul Box–Benkin (3³) al intervalelor de variație a factorilor și rezultatele experimentelor efectuate la

standul experimental						
Uc,	Τ,	La,	М.	M. 1 t,		
0	min ⁻¹	mm	10 s, g	g		
16	50	26	100,67	12,08		
16	40	13	38	5,7		
19	40	26	97,33	14,6		
16	30	26	67,67	13,53		
22	50	26	116,67	14		
19	30	13	32	6,4		
22	30	26	78,67	15,73		
16	40	39	114,67	17,2		
19	40	26	93,67	14,05		
22	40	39	164,33	24,65		
19	50	39	180	21,6		
19	40	26	100,33	15,05		
22	40	13	45,33	6,8		
19	30	39	99	19,8		
19	50	13	52,67	6,32		



Fig. A.1.4. Estimarea evoluției masei semințelor în funcție de unghiul de orientare a canelurilor

Ecuația dependenței multifactoriale a frecvenței masei semințelor distribuite:

$$m = -9,5487 + 0,986157 \cdot U_c + 0,24775 \cdot n - 0,162468 \cdot L - 0,0374537 \cdot U_c^2 - 0,00233333 \cdot U_c \cdot n + 0,0407051 \cdot U_c \cdot L - 0,00394583 \cdot n^2 + 0.00361538 \cdot n \cdot L - 0.00379931 \cdot L^2$$
(A.1.2)

în care: m – masa semințelor distribuite de aparat, g; U_c – unghiul de orientare a canelurilor, grade; n – turațiile cilindrului cu caneluri, min⁻¹; L – lungimea activă a canelurilor, mm.

Valoarea optimă a masei semințelor distribuite "m", după maxim, este egală cu 24.0425 g pentru valorile factorilor: Unghiul canelurii - 22°; Turațiile - 42.75 min⁻¹; Lungimea cilindrului canelat - 39.0, mm. [1].

Tabelul A.1.6. Planul Box–Benkin (4	³) al	interv	alelor	de	variație a	factorilor	și rez	ultatele
		•						

experimentelor							
U	n	L	Ucl	m	m1t	m1c	
19	50	39	0	183,33	22,00	1,83	
16	50	26	0	108,00	12,96	1,08	
16	40	26	9	91,33	13,70	1,14	
19	30	26	9	73,67	14,73	1,23	
19	30	39	0	101,67	20,33	1,69	
19	30	26	-9	73,33	14,67	1,22	
22	50	26	0	111,00	13,32	1,11	
19	40	26	0	93,00	13,95	1,16	
16	40	39	0	148,00	22,20	1,85	
22	40	13	0	37,67	5,65	0,47	
19	50	26	9	114,67	13,76	1,15	
19	40	13	-9	37,33	5,60	0,47	
22	40	26	-9	103,00	15,45	1,29	
22	40	39	0	139,33	20,90	1,74	
22	30	26	0	62,67	12,53	1,04	
19	40	26	0	89,67	13,45	1,12	
19	50	26	-9	114,00	13,68	1,14	
19	40	39	9	140,67	21,10	1,76	
19	40	13	9	42,33	6,35	0,53	
19	30	13	0	28,33	5,67	0,47	
16	40	26	-9	86,33	12,95	1,08	
22	40	26	9	92,67	13,90	1,16	
19	50	13	0	50,33	6,04	0,50	
19	40	39	-9	148,33	22,25	1,85	
16	40	13	0	37,67	5,65	0,47	
19	40	26	0	89,00	13,35	1,11	
16	30	26	0	67.33	13.47	1.12	

Modelul matematic al frecvenței statistice a masei semințelor distribuite se descrie prin relație: $m = -3.96713 + 0.478148 \cdot U_c - 0.1885 \cdot n + 0.667949 \cdot L + 0.498148 \cdot U_{cl}$

$$-0,0176852 \cdot U_c^2 + 0,0108333 \cdot U_c \cdot n - 0,00833333 \cdot U_c \cdot L$$

 $\begin{array}{l} -0.0212963 \cdot U_c \cdot U_{cl} - 0.000991667 \cdot n^2 + 0.0025 \cdot n \cdot L \\ + 0.0000555556 \cdot n \cdot U_{cl} - 0.000157791 \cdot L^2 - 0.00405983 \cdot L \cdot U_{cl} \\ + 0.00646091 \cdot U_{cl}^2 \end{array}$ (A.1.3)

în care: m – masa semințelor distribuite de aparat, g; U_c – unghiul de orientare a canelurilor, grade; U_{cl} – unghiul de înclinare a muchiei posterioare a clapetei mobile, grade; L – lungimea activă a canelurilor, mm; n – turatia cilindrului canelat, min⁻¹.

 R^2 = 99,2417 %; R^2 (corectat pentru grad libertate) = 98,357 %; Eroare standard estim. = 0,686232; Eroare medie absolută = 0,399012; Statistica Durbin-Watson = 2,54438 (P=0,8782); Autocorelatie a rezidualilor = -0,284841.

Rezultatele cercetărilor la instalația asistată de calculator

Tabelul A.1.7. Planul factorial $(1^3 + 1^6)$ și Media C_v în funcție de turații

Nivel	Nr.	Media	Er. st.	L. i.	L. s.
Standard 10	3	72,37	7,75	52,15	92,58
Standard 20	3	69,96	7,75	49,74	90,18
Standard 30	3	81,17	7,75	60,95	101,39
Standard 40	3	79,82	7,75	59,60	100,04
Standard 50	3	82,55	7,75	62,33	102,77
Standard 60	3	81,10	7,75	60,88	101,32
Aparat experimental 10	20	60,77	3,00	52,94	68,60
Aparat experimental 20	20	67,46	3,00	59,63	75,29
Aparat experimental 30	20	73,22	3,00	65,38	81,05
Aparat experimental 40	20	76,12	3,00	68,29	83,95
Aparat experimental 50	20	79,99	3,00	72,16	87,82
Aparat experimental 60	20	81,92	3,00	74,09	89,75
Sistem experimental 10	6	53,14	5,48	38,84	67,43
Sistem experimental 20	6	53,62	5,48	39,32	67,91
Sistem experimental 30	6	57,75	5,48	43,45	72,05
Sistem experimental 40	6	64,85	5,48	50,55	79,14
Sistem experimental 50	6	67,69	5,48	53,39	81,99
Sistem experimental 60	6	72,82	5,48	58,52	87,11
MEDIA GENERALĂ	174	70,91			

Tabelul A.1.8. Planul factorial (2 ³)	$(+ 1^2)$ și Media C _v în funcție de lungimea de lucru a		
cilindrului canalat			

	CI CI	innuruiu	n canciat		
Nivel	Nr.	Media	Er. st.	L. i.	L. s.
Aparat experimental 0 gr. 33	36	76,43	2,34	70,33	82,53
Aparat experimental 15 gr. 33	42	77,26	2,17	71,62	82,91
Aparat experimental 30 gr. 33	42	66,50	2,17	60,86	72,15
Sistem experimental 33	36	61,64	2,34	55,55	67,74
Standard 11	6	69,25	5,73	54,31	84,18
Standard 22	6	76,95	5,73	62,01	91,88
Standard 33	6	87,29	5,73	72,35	102,22
MEDIA GENERALĂ	174	73,62			

Tabelul A.1.9. Planul factorial $(1^3 + 1)$	²) și Media C _v în funcție de unghiul de înclinare a
tubu	lui de conducere

tubului de conducere						
Nivel	Nr.	Media	Er. st.	L. i.	L. s.	
Standard	18	77,83	3,34	69,13	86,53	
Aparat experimental 0 gr.	36	76,43	2,36	70,28	82,58	
Aparat experimental 15 gr.	42	77,26	2,19	71,57	82,96	
Aparat experimental 30 gr.	42	66,50	2,19	60,81	72,20	
Sistem experimental	36	61,64	2,36	55,49	67,79	
MEDIA GENERALĂ	174	71,93				

Tabelul A.1.10 Planul factorial $(2^3 + 1^7)$ și Media C_v	
în funcție de viteza aerului	

Nivel	Nr.	Media	Er. st.	L. i.	L. s.
Ap. exp. 0 gr. 2	6	88,26	3,84	78,23	98,29
Ap. exp. 0 gr. 4	6	87,06	3,84	77,03	97,10
Ap. exp. 0 gr. 4,5	6	85,95	3,84	75,92	95,99
Ap. exp. 0 gr. 6	6	81,27	3,84	71,23	91,30
Ap. exp. 0 gr. 8	6	64,12	3,84	54,09	74,15
Ap. exp. 0 gr. 9	6	51,91	3,84	41,87	61,94
Ap. exp. 15 gr. 0	6	82,76	3,84	72,73	92,80
Ap. exp. 15 gr. 2	6	87,48	3,84	77,45	97,52
Ap. exp. 15 gr. 4	6	87,64	3,84	77,61	97,68
Ap. exp. 15 gr. 4,5	6	85,01	3,84	74,98	95,04
Ap. exp. 15 gr. 6	6	81,34	3,84	71,31	91,37
Ap. exp. 15 gr. 8	6	64,63	3,84	54,60	74,67
Ap. exp. 15 gr. 9	6	51,97	3,84	41,93	62,00
Ap. exp. 30 gr. 0	6	77,03	3,84	67,00	87,06
Ap. exp. 30 gr. 2	6	76,12	3,84	66,09	86,15
Ap. exp. 30 gr. 4	6	72,44	3,84	62,41	82,48
Ap. exp. 30 gr. 4,5	6	74,72	3,84	64,68	84,75
Ap. exp. 30 gr. 6	6	68,85	3,84	58,82	78,89
Ap. exp. 30 gr. 8	6	51,17	3,84	41,14	61,21
Ap. exp. 30 gr. 9	6	45,17	3,84	35,14	55,21
Sis. exp. 0	6	67,71	3,84	57,68	77,75
Sis. exp. 2	6	66,79	3,84	56,75	76,82
Sis. exp. 4	6	65,94	3,84	55,91	75,98
Sis. exp. 4,5	6	62,68	3,84	52,65	72,72
Sis. exp. 6	6	56,35	3,84	46,32	66,39
Sis. exp. 8	6	50,37	3,84	40,34	60,41
Standard	18	77,83	2,22	72,03	83,62
Media generală	174	70,84			

Tabelul A.1.11 Planul factorial (1^3) și Media C_v în funcție de tipul aparatului

Nivel	Nr.	Media	Er. st.	L. i.	L. s.
Standard	18	77,83	3,46	68,81	86,84
Aparat experimental	120	73,25	1,34	69,75	76,74
Sistem experimental	36	61,64	2,45	55,27	68,02
MEDIA GENERALĂ	174	70,91			

Tabelul A.1.12. Planul factorial $(1^6 + 2^3 + 1^7)$

Nivel Nr.		Media	Er. st.	L. i.	L. s.					
	Turația									
10	29	52,63	1,82	47,89	57,38					
20	29	57,10	1,82	52,36	61,85					
30	29	63,08	1,82	58,34	67,83					
40	29	66,41	1,82	61,67	71,16					
50	29	69,96	1,82	65,21	74,70					
60	29	72,20	1,82	67,46	76,94					
L	ungin	nea de luc	eru a cilin	drului						
11	6	55,21	2,85	47,78	62,63					
22	6	62,91	2,85	55,48	70,34					
33	162	72,58	0,50	71,27	73,89					
	Unghi	ul de încl	inare a tu	bului						
0	54	68,97	1,44	65,21	72,72					
15	42	68,25	1,81	63,54	72,95					
30	78	53,48	1,70	49,05	57,91					
		Viteza	aerului							
0	36	72,20	1,33	68,73	75,68					
2	24	73,17	1,96	68,05	78,28					
4	24	71,78	1,96	66,67	76,89					
4,5	24	70,60	1,96	65,48	75,71					
6	24	65,46	1,96	60,35	70,57					
8	24	51,08	1,96	45,97	56,19					
9	18	40,67	2,11	35,17	46,16					
MEDIA	174	63,57								

		Viteza	Unghiul	Coeficient		
Nr.	Turații	Aeului	de	de variatie		
		ncului	inclinare	%		
1.	10	0	0	81,4708		
2.	20	0	0	86,856		
3.	30	0	0	87,9435		
4.	40	0	0	93,7098		
5.	50	0	0	97,5398		
6.	60	0	0	96,6007		
7.	10	2	0	76,6585		
8.	10	4	0	74,8371		
9.	10	6	0	68,4972		
10.	10	8	0	53,712		
11.	20	2	0	79,356		
12.	20	4	0	79,2829		
13.	20	6	0	72,9043		
14.	20	8	0	67,9738		
15.	30	2	0	91,8727		
16.	30	4	0	91,2343		
17.	30	6	0	83,1899		
18.	30	8	0	67.0672		
19.	40	2	0	95.537		
20	40	4	0	87 5368		
21	40	6	0	82 5608		
21.	40	8	0	73 1833		
22.	50	2	0	99 2317		
23.	50	1	0	95 1589		
25	50	6	0	89 1072		
25.	50	8	0	77.0957		
20.	50 60	2	0	102 105		
27.	60	<u> </u>	0	04 3464		
20.	60	4	0	94,3404		
29.	60	0	0	90,8797		
<u> </u>	10	0	15	70,7823		
31.	10	0	15	02,4832		
32.	20	0	15	80,8484		
<u> </u>	30	0	15	83,2315		
34.	40	0	15	84,0325		
35.	50	0	15	94,5575		
36.	60	0	15	90,3769		
37.	10	2	15	69,2824		
38.	10	4	15	69,865		
39.	10	6	15	69,8242		
40.	10	8	15	54,8181		
41.	20	2	15	82,8267		
42.	20	4	15	84,5043		
43.	20	6	15	73,0768		
44.	20	8	15	55,3195		
45.	30	2	15	90,2129		
46.	30	4	15	85,5935		
47.	30	6	15	79,2559		

Tabelul A.1.13. Planul multifactorial $(2^6 + 1^3)$ și rezultatele experimentelor

48.	30	8	15	60,7595
49.	40	2	15	92,7008
50.	40	4	15	92,1712
51.	40	6	15	84,8206
52.	40	8	15	69,1822
53.	50	2	15	97,2528
54.	50	4	15	91,6181
55.	50	6	15	89,5152
56.	50	8	15	69,6547
57.	60	2	15	97,9733
58.	60	4	15	100,552
59.	60	6	15	89,2947
60.	60	8	15	76,3241
61.	10	0	30	79,0261
62.	20	0	30	73,5196
63.	30	0	30	75,259
64.	40	0	30	75,0616
65.	50	0	30	84,5553
66.	60	0	30	82,1514
67.	10	2	30	52,9623
68.	10	4	30	56,2355
69.	10	6	30	54,7667
70.	10	8	30	44,1938
71.	20	2	30	71,1382
72.	20	4	30	69,0141
73.	20	6	30	59,2763
74.	20	8	30	52,3181
75.	30	2	30	74,556
76.	30	4	30	75,71
77.	30	6	30	70,7104
78.	30	8	30	53,3158
79.	40	2	30	82,7991
80.	40	4	30	80,9773
81.	40	6	30	77,0528
82.	40	8	30	53,4932
83.	50	2	30	86,8862
84.	50	4	30	78,2967
85.	50	6	30	80,7499
86.	50	8	30	56,9945
87.	60	2	30	95,5184
88.	60	4	30	81,1911
89.	60	6	30	79,7985
90.	60	8	30	55,3776
91.	50	6	30	80,7499
92.	50	8	30	56,9945
93.	60	2	30	95,5184
94.	60	4	30	81,1911
95.	60	6	30	/9,/985
96.	60	8	30	JJ,3776

 $\begin{aligned} C_v &= 65,4997 + 0,960181 \cdot n + 3,01423 \cdot V_a + 0,0702394 \cdot U_t - 0,00709319 \cdot n^2 \\ &\quad - 0,00623474 \cdot n \cdot V_a + 0,000315242 \cdot n \cdot U_t - 0,663515 \cdot V_a^2 \\ &\quad - 0,00639767 \cdot V_a \cdot U_t - 0,0164978 \cdot U_t^2 \end{aligned}$

(A.1.4)

în care: C_v – coeficient de variație a timpului, %; n – turațiile cilindrului cu caneluri, min⁻¹; V_a – Viteza aerului, m/s; U_t – Unghiul de înclinare a tubului de conducere, grade.

Nr	Turatii	$\mathbf{V}_{\mathbf{a}}$	Cv
	min ⁻¹	m/s	%
1.	10	0	64,3559
2.	20	0	62,7233
3.	30	0	68,1875
4.	40	0	76,5874
5.	50	0	75,1757
6.	60	0	78,9431
7.	10	2	57,4495
8.	10	4	58,5619
9.	10	6	58,4041
10.	10	8	43,2024
11.	20	2	62,0433
12.	20	4	57,7113
13.	20	6	52,3715
14.	20	8	43,7507

Tabelul A.1.14. Planul multifactoria	$l(2^6)$	și 1	rezultatele	experimen	telo
--------------------------------------	----------	------	-------------	-----------	------

15.	30	2	62,9695
16.	30	4	66,2218
17.	30	6	52,5155
18.	30	8	50,5784
19.	40	2	70,9595
20.	40	4	73,4456
21.	40	6	63,0141
22.	40	8	48,4076
23.	50	2	78,2624
24.	50	4	80,2371
25.	50	6	65,2531
26.	50	8	49,6341
27.	60	2	80,6919
28.	60	4	77,1526
29.	60	6	62,8505
30.	60	8	51,2365

Rezultatele cercetărilor efectuate în canalul cu sol Tabelul A.1.15. Planul Box–Benkin (3³) și rezultatele experimentelor

Nr	X1	X2	X3	¥3
1.	1	40	0	37,5037
2.	1	20	4	23,4166
3.	2,1	40	4	23,3721
4.	2,1	60	8	34,7823
5.	2,1	20	0	19,6079
6.	1	60	4	28,2765
7.	2,1	40	4	23,9564
8.	2,1	60	0	36,6824
9.	3,2	40	8	23,0902
10.	3,2	40	0	18,193
11.	3,2	60	4	20,0912
12.	1	40	8	34,8776
13.	2,1	20	8	20,5336
14.	3,2	20	4	19,3332
15.	2,1	40	4	23,1717

Summary Statistics for Coeficient de variatie tr. 2

	<i>V_a tr. 2</i>	Count	Average	Stan. Dev.	CV	Min	Max	Range	Stnd. Sk.	Stnd. kurt
(0	189	0,497354	0,175372	35,261%	0,3333	1,0	0,667	8,08547	5,03911
4	4	173	0,508671	0,183162	36,008%	0,3333	1,0	0,667	7,84881	4,36728
1	8	173	0,531792	0,236881	44,544%	0,25	1,0	0,75	4,88059	-0,905718
'	Total	535	0,51215	0,199784	39,009%	0,25	1,0	0,75	11,7502	3,79771

Summary Statistics for Coeficient de variatie tr. 3

<i>V_a tr</i> . 3	Count	Average	Stan. Dev.	CV	Min	Max	Range	Stnd. Sk.	Stnd. kurt
0	149	0,610738	0,179266	29,3523%	0,333	1,0	0,666667	3,60943	0,53065
4	155	0,606452	0,154168	25,4212%	0,4	1,0	0,6	4,38205	2,53487
8	147	0,557823	0,18736	33,5878%	0,333	1,0	0,666667	4,98632	1,02934
Total	451	0,592018	0,175106	29,5778%	0,333	1,0	0,666667	6,98918	1,59401

Summary Statistics for Coeficient de variatie tr. 4

V _a tr. 4	Count	Average	Stan. Dev.	CV	Min	Max	Range	Stnd. Sk.	Stnd. kurt
0	106	0,603774	0,0811714	13,444%	0,5	0,667	0,1667	-2,15756	-3,72038
4	127	0,551181	0,108525	19,6896%	0,333	0,667	0,3333	-1,09308	-2,74649
8	149	0,52349	0,115308	22,0267%	0,333	0,667	0,3333	0,221609	-3,25374
Total	382	0,554974	0,109227	19,6815%	0,333	0,667	0,3333	-2,41992	-4,78749

Summary Statistics for Coeficient de variatie Viteza Aerului

V_a	Count	Average	Stan. Dev.	CV	Min	Max	Range	Stnd. Sk.	Stnd. kurt
0	444	0,560811	0,168368	30,0223%	0,333333	1,0	0,666667	6,97147	2,84963
4	455	0,553846	0,160516	28,982%	0,333333	1,0	0,666667	8,19845	4,48405
8	469	0,537313	0,189691	35,3036%	0,25	1,0	0,75	8,59679	2,27722
Total	1368	0,550439	0,173667	31,5507%	0,25	1,0	0,75	13,5275	5,17636

Treapta	Count	Average	Stan. Dev.	CV	Min	Max	Range	Stnd. Sk.	Stnd. kurt
2	535	0,51215	0,199784	39,0089%	0,25	1,0	0,75	11,7502	3,79771
3	451	0,592018	0,175106	29,5778%	0,333333	1,0	0,666667	6,98918	1,59401
4	382	0,554974	0,109227	19,6815%	0,333333	0,666667	0,333333	-2,41992	-4,78749
Total	1368	0,550439	0,173667	31,5507%	0,25	1,0	0,75	13,5275	5,17636

Rezultatele cercetărilor efectuate în câmp

Randul	Count	Average	Stan. Dev.	CV	Min	Max	Range
1	164	3,04835	1,19543	39,2157%	1,25	5,0	3,75
2	192	2,6037	0,967962	37,1764%	1,25	5,0	3,75
3	152	3,24533	1,26562	38,9981%	1,25	6,67	5,42
4	167	2,99431	1,60944	53,7498%	1,43	10,0	8,57
5	119	4,20101	2,00557	47,7402%	2,0	10,0	8,0
6	129	3,87597	1,96202	50,6202%	2,0	10,0	8,0
7	114	4,38579	1,72484	39,328%	2,0	10,0	8,0
8	137	3,64818	1,04752	28,7136%	2,0	6,67	4,67
Total	1174	3,40109	1,58167	46,5049%	1,25	10,0	8,75

Tabelul A.1.16. Summary for Distanța dintre plante

Tabelul A.1.17. Valorile numerice ale numărului și masei spicelor

	Eş	an. 1	Eş	an. 2	Eş	an. 3	Eş	an. 4	Eş	an. 5	Eş	an. 6	Μ	ediu
Rînd	Nr spic.	M spic.												
1	15	11.7	24	23.3	33	32.8	37	33.8	47	29.1	29	35.3	31	27.7
2	24	11.8	31	17.9	39	28.1	34	21.2	57	35.9	31	25.2	36	23.3
3	14	8.64	28	20.1	20	23.5	31	17.1	45	25.8	38	17.5	29	18.8
4	15	7.92	31	13.9	42	27.8	26	18.6	37	22.5	36	17.4	31	18.0
5	18	6.74	28	13.8	16	10.6	19	14.8	28	13.9	30	13.5	23	12.2
6	16	6.47	21	11.6	38	28.5	28	22.7	28	17.8	26	13.2	26	16.7
7	11	7.23	20	8.7	23	17.4	31	16.1	28	17.5	14	7.0	21	12.3
8	22	7.07	28	15.7	27	18.2	26	15.8	28	14.1	42	18.5	29	14.9

Summary Statistics for Masa spicului

Rand	Count	Average	Stan. Dev.	CV	Min.	Max.	Range
1	164	0,863049	0,486198	56,3349%	0,08	2,32	2,24
2	192	0,630885	0,335262	53,1415%	0,1	2,12	2,02
3	152	0,559276	0,346737	61,9975%	0,02	1,54	1,52
4	167	0,58006	0,368699	63,5623%	0,02	1,91	1,89
5	119	0,563445	0,383031	67,9801%	0,04	1,45	1,41
6	129	0,668837	0,430473	64,3614%	0,03	2,04	2,01
7	114	0,525351	0,32647	62,1432%	0,04	1,67	1,63
8	137	0,592993	0,359766	60,6695%	0,03	1,63	1,6
Total	1174	0,62948	0,395671	62,8567%	0,02	2,32	2,3

Summary Statistics for Numarul de boabe

Rand	Count	Average	Stan. Dev.	CV	Min.	Max	Range
1	164	32,0427	12,2431	38,2088%	9,0	73,0	64,0
2	192	25,375	10,2607	40,4364%	6,0	57,0	51,0
3	152	23,8816	10,8334	45,3632%	8,0	58,0	50,0
4	167	24,7545	10,6293	42,9388%	5,0	53,0	48,0
5	119	23,1092	11,2195	48,55%	6,0	56,0	50,0
6	129	27,3953	11,8667	43,3165%	5,0	58,0	53,0
7	114	25,614	11,3016	44,1226%	3,0	53,0	50,0
8	137	26,635	11,4403	42,9521%	9,0	57,0	48,0
Total	1174	26,1874	11,4733	43,8124%	3,0	73,0	70,0

One-Way ANOVA - Masa a 1000 boabe by Randul

Rand	Count	Average	Stan. Dev.	CV	Min	Max	Range
1	164	25,7407	8,17755	31,7689%	7,37	42,25	34,88
2	192	24,1374	6,56683	27,206%	9,17	40,0	30,83
3	152	22,2278	7,22851	32,5202%	2,22	39,44	37,22
4	167	22,1556	7,87935	35,5638%	2,31	37,45	35,14
5	119	22,577	7,85567	34,795%	2,86	41,25	38,39
6	129	22,5814	8,26814	36,6148%	2,31	38,64	36,33
7	114	19,6128	6,97707	35,5741%	3,64	38,84	35,2
8	137	21,1453	8,19039	38,7339%	2,73	40,75	38,02
Total	1174	22,7145	7,80225	34,3491%	2,22	42,25	40,03

Anexa A.2.Eficacitatea economică

Eficacitatea economică de la implementarea sistemului de distribuție

Indicatorii eficienței economice de la implimentarea în producere a semănătorii dotate cu aparate de distribuție experimentale sunt:

•Economia anuală de muncă la exploatarea semănătorii;

•Eliberarea forței de muncă, determinată după perioada de necesitatea maximă a ei;

•Eficiența economică anuală;

•Economia anuală a cheltuielilor de exploatare;

Nr.	Indicatorii	u. m.	Datele comparative
1	Economia anuală a cheltuielilor de muncă la semănat	Om/h	19,93
2	Economia anuală a cheltuelilor de exploatare	Lei	5565,756
3	Venitul la creșterea producției la 1 ha	Lei/ha	1552,00
4	Efectul economic anual de la implimentarea semănătorii	Lei	376204,8
5	Efectul economic anual de folosire a semănătorii la 1 ha	Lei /ha	1575,40

Eficacitatea economică a semănătorii cu sistemul de distribuție pneumo-mecanic.

La efectuarea calculelor eficienței-economice s-a efectuat calculul eficienței a semănătorii echipamente cu aparate de distribuție și calculul indicatorilor economici de implimentare a producției. **Tabelul A.2.2. Indicii economici**

Nr.	Indicatorii	Not.	U. M.	Val.
1	Solicitarea anuală a semănătorii	T _{sem.}	ore	80
2	Durata zilei de muncă	t	ore	10
3	Salariul tarifar pentru efectuarea lucr. mecan., cu toate alocațiile	S _{t.}	lei	4,073
4	Coeficientul de folosire a timpului	ĺ	-	0,7
5	Defalcările de amortizare din valoarea contabilă	A _{m.}	%	14,32
6	Alocații pentru reparația curentă și deserviri tehnice periodice, din valoarea contabilă	R _{m.}	%	25
7	Alocații pentru păstrarea semănătorii, din valoarea contabilă	Р	%	1
8	Prețul complex a 1kg de conbustibil	P _{comp.}	lei	15,60

Calculul eficienței-economice de evaluare a semănătorii echipate cu aparate de distribuție experimentale s-a efectuat în baza metodelor și normativelor pentru determinarea indicațiilor economice ai mașinilor agricole la încercările de stat.

Datele normative folosite la calculul eficienței-economice s-a efectuat pentru două tipuri de semănători: SZ-3,6A (de bază) și SZ-3,6M echipată cu aparate de distribuție experimentale.

Tabelul A.2.3. Datele semănătorilor obținute

Nr.	Indicatorii	u. m.	Semănătoarea		
			De bază	experimentală	
1	Prețul semănătorii	Lei	58500	54168	
2	Viteza de lucru	m/s	3,1	3,4	
3	Muncitori de bază și auxiliari	Pers.	2	2	

Valorile de comparare a indicatorilor eficienței-economice sînt prezentate mai jos

Tabelul A.2.4. Valorile de comparare a indicatorilor eficienței-economice

Nr	Indicatorul	Unități de	tăți de		tatele
crt.	Indicatorui	măsură	Formula de calcul	experm.	de bază.
1	Productivitatea semănatului timp de 1h	ha/h	$W_h=0.1BV$	4.324	4.034
2	Productivitatea semănatului timp de 1h de schimb	ha/h	$\mathbf{W} = \mathbf{W}_{\mathbf{h}} \cdot \boldsymbol{\tau}$	3,03	2,84
3	Productivitatea zilnică a agregatului	ha	$W_{zi} = W \cdot t$	30,3	28,3
4	Cheltuelele directe de muncă la 1ha semănat	omh/ha	C _{md.} =m _{tr.} /W	0,66	0,74
5	Valoarea contabilă a semănătorii	lei	$V_c = P_{sem.} \cdot k_t$	53161	62480
6	Cheltuelele de exploatare la 1ha sem.	Lei/ha	C _{exp.} =S+A _m +R+P+C _{comb.}	142,29	165,27
7	Salariul muncitorilor la 1ha semănat	Lei/ha	$S=m_{tr}\cdot S_h/W$	2,70	2,90
8	Defalcări de amortizare pentru 1ha semănat	Lei/ha	$A_{m.} = V_{c \bullet} a / 100 \cdot W \cdot T_{sem.}$	31,14	30,43
9	Alocații pentru mentenanță pentru 1ha sem.	Lei/ha	$R_m = V_c \cdot r_m / 100 \cdot W \cdot T_{sem.}$	54,83	69,14
10	Alocații pentru păstrarea semănăturii la 1ha sem.	Lei/ha	$P = V_c \cdot \rho_m / 100 \cdot W \cdot T_{sem.}$	2,19	2,77
11	Costul combustibilului și lubrifiant petru 1ha sem.	Lei/ha	$C_{comb.} = 0, 8 \cdot N_e \cdot q P_{comb.} / W$	51,43	55,16
12	Investițile capitale pentru 1ha sem.	Lei/ha	$I_{cap.} = V_c / W \cdot T_{se}$	219,3	276,95
13	Cheltuieli generale pentru 1ha semănat	Lei/ha	$C_g = E \cdot L_{cap} + C_{exp}$	186,15	224,86

Anexa A.3.Brevet de invenție și acte de implementare





ACT DE IMPLIMENTARE ÎN PRODUCȚIE A REZULTATELOR CERCETĂRILOR STIINTIFICE PRIVIND APARATELE DE DISTRIBUȚIE MODERNIZATE A SEMĂNĂTORII SZ-3,6A

Autor – Gheorghita Andrei

Comisia în componența: președinte director al S. A. "ATC-Agrotehcomerț", r-n Hânceșți, or. Hâncești, Pascaru Vera, membrii comisiei: inginer S. A. "ATC-Agrotehcomerț" Tîbuleac Mihail; dr. hab. conf. univ Serbin Vladimir, şeful catedrei "Mecanizarea agriculturii", UASM și doctorandul Gheorghița Andrei am întocmit prezentul act care confirmă testarea în condițiile de câmp a rezultatelor cercetărilor stiințifice, efectuate de către doctorandul Gheorghita Andrei și anume a semănătorii SZ-3,6A pentru semănatul culturilor cerealiere la care, în sistemul de distribuție au fost folosite cilindrii canelați cu unghiul elicoidal 22º si clapetele mobile cu unghiul activ de lucru a muchiei laterale -8°, elaborate în cadrul catedrei "Mecanizarea agriculturii" a Universității Agrare de Stat din Moldova, care vor fi livrate producătorilor agricoli.

Semănătorile de tip SZ-3,6A echipate cu aparate de distribuție cu cilindri canelați și clapete mobile propuse asigură uniformitatea repartizării semințelor de-a lungul rândurilor cu 16,06% mai înaltă față de cel standard .

Presedinte Membrii comisiei:

Doctorand

Pascaru Vera buleac Mihai

Inginer S. A. "ATC-Agrotehcomert' Sef catedră "Mecanizarea agriculturii", UASM Serbin Vladimir The Gheorghita Andrei

italie Tigant ACT DE IMPLIMENTARE ÎN PRODUCTIE A REZULTATELOR CERCETĂRI OR STIINTIFICE PRIVIND APARATELE DE DISTRIBUTIE MODERNIZATE A SEMĂNĂTORII SZ-3,6A

Autor – Gheorghița Andrei

Comisia în componența: președinte-inginerul SRL,,Vadalex-Agro"-Maxim Porumb, mun.Chisinău, str.Liviu Deleanu 7/6, membrii comisiei: director a SRL "Vadalex-Agro"-Tiganu Vitalie, dr. hab. conf. univ Serbin Vladimir, şeful catedrei "Mecanizarea agriculturii", UASM și doctorandul Gheorghița Andrei am întocmit prezentul act care confirmă testarea în condițiile de câmp a rezultatelor cercetărilor științifice, efectuate de către doctorandul Gheorghița Andrei și anume a semănătorii SZ-3,6A pentru semănatul culturilor cerealiere la care, în sistemul de distribuție au fost folosite cilindrii canelați cu unghiul elicoidal 22º și clapetele mobile cu unghiul activ de lucru a muchiei laterale -8º, elaborate în cadrul catedrei "Mecanizarea agriculturii" a Universității Agrare de Stat din Moldova

Semănătoarea SZ-3,6A echipată cu aparate de distribuție experimentali a fost utilizată la semănatul grâului de toamnă în termene agrotehnice pe o suprafață de 50 ha. În calitate de material semincer au fost folosite boabele de grîu de toamnă, soiul "Codreanca". Semănatul a fost efectuat prin metoda rândurilor obisnuite la adâncimea de 4 cm

Aplicarea în producție a aparatului de distribuție cu cilindri canelați și clapete mobile propuse asigură: creșterea recoltei cu 8.67% și respectiv uniformitatea repartizării semințelor dea lungul rândurilor cu 16% mai înaltă fată de cel standard

1

Inginer SRL "Vadalex-Agro" Presedinte: Par Membrii comisiei S.R. ABAT KY HATT director a SRL "Vadalex-Agro" Şef catedră "Mecanizarea agriculturii", UASM Doctorand

Tîganu Vitalie, Serbin Vladimi Gheorghița Andrei

Maxim Porumb

SRL "Vadalex-Agro"

Aprobat: Director

Mun.Chişinău,str.L.Deleanu 7/6



ACT DE TESTARE A SEMĂNĂTORII SZ-3,6A DOTATE CU APARATE DE DISTRIBUȚIE MODERNIZATE ÎN CONDIȚIILE DE CÎMP

Autor – Gheorghița Andrei

Comisia în componența: președinte directorul Stațiunii Didactico – Experimentale "Petricani", mun. Chișinău Nour Ion, membrii comisiei: prorector departamentul știință și inovare, dr. hab., prof. univ. Marian Grigore; dr. hab. conf. univ Serbin Vladimir, șeful catedrei "Mecanizarea agriculturii", UASM, lector universitar Gadibadi Mihail; lector universitar, Gudîma Andrei și doctorandul Gheorghița Andrei am întocmit prezentul act care confirmă testarea în condițiile de câmp a rezultatelor cercetărilor științifice, efectuate de către doctorandul Gheorghița Andrei, și anume a semănătorii SZ-3,6A pentru semănatul culturilor cerealiere la care, în sistemul de distribuție au fost folosite cilindrii canelați cu unghiul elicoidal de 22 și 16° și clapetele mobile cu unghiul muchiei de -9 și 0°, elaborate în cadrul catedrei "Mecanizarea agriculturii" a Universității Agrare de Stat din Moldova.

Semănătoarea a fost testată la semănatul culturii orzului în termene agrotehnice pe suprafața de 1 ha. Semănătoarea a fost agregatată cu tractorul MF – 4270. În calitate de material semincer au fost folosite boabele de orz soiul "Odeski 100". Semănatul a fost efectuat prin metoda rândurilor obișnuite la adâncimea de 4 cm. Indicatorii calitativi privind fucționarea semănătorii dotate cu aparate de tip experimental se comparau cu indicatorii semănătorii standarde la viteza de lucru 1.85....3.02 m/s.

Caracteristica câmpului:

Suprafața parcelei	10000 m. p.
Lățimea x lungimea	50 x 200 m.
Tipul de sol	cernoziom
Umiditatea solului	18%
Panta	1%
Relieful	uniform
Profilul	omogen

Semănatul a fost efectuat pe data de 8 aprilie 2013 și recoltarea pe data de 27 iulie 2013. Pe parcursul încercărilor au fost controlate următorii indicatori (la 1 m liniar): - Uniformitatea repartizării boabelor de-a lungul rândurilor: - Numărul plantelor - Distanța medie dintre plante - Abaterea standard - Coeficientul de variație - Recolta culturii: - Masa boabelor din spic - Numărul de boabe din spic - Masa a 1000 boabe

În baza testării semănătorii dotate cu aparat de distribuție experimental au fost obținute următoarele rezultate:

- Uniformitatea repartizării boabelor de-a lungul rândurilor:

	10	ы		Distanța c	lintre plant	e
Nr. rîndului	Numărul plantel total	Numărul plantel	Media, cm	Abaterea standard, cm	Coeficientul de variație, %	Diferența, %
1	179	33	3,02	1,16	38,49	16,06
2	217	40	2,50	0,96	38,57	30,50
3	166	31	3,21	1,24	38,66	
4	182	34	2,97	1,55	52,33	
5	137	25	3,94	2,01	50,93	
6	145	27	3,72	1,90	51,01	
7	125	23	4,32	1,67	38,69	
8	159	29	3,40	1,17	34,42	

- Recolta culturii:

	or	-	Mas	sa boab	spic	Nur	nărul d	e boabe o	lin spic	M	asa a 10	sa a 1000 boabe		
Nr. rîndului	Numărul plantel total	Numărul plantel	Media, g	Abaterea standard, g	Coeficientul de variație, %	Diferența, %	Media	Abaterea	Coeficientul de variație, %	Diferența, %	Media, g	Abaterea standard, g	Coeficientul de variație, %	Diferenta. %
1	153	31	0,91	0,47	51,66	28,99	33	11,50	34,59	14,96	26,40	7,83	29,65	9,9
2	163	33	0,71	0,31	43,25	0,22	28	9,14	32,97	-4,20	25,30	6,01	23,74	5,3
3	114	23	0,68	0,31	45,67		28	9,42	33,78		24,12	6,05	25,07	
4	124	25	0,72	0,33	45,93		29	9,15	31,96		24,78	6,53	26,36	
5	86	17	0,72	0,33	45,29		28	9,18	32,93		25,55	6,37	24,93	
6	109	22	0,77	0,40	51,58		30	10,68	35,40		24,66	6,96	28,21	
7	86	17	0,64	0,29	44,76		29	9,25	31,72		21,70	5,55	25,57	
8	112	22	0,70	0,31	44,48		30	9.82	32.91		23.32	6.96	29.84	

În baza rezultatelor obținute considerăm că indicatorii calitativi și tehnico-economici a semănătorii dotate cu aparate de distribuție experimentale depășesc indicii semănătorii standarde, iar construcția aparatului experimental poate fi implementate în producție.

Aparatul de distribuție este de tipul celor cu cilindri canelați, canelurile și muchia terminală

clapetei mobile sunt orientate sub un unghi față de generatoarea arborelui cu caneluri.

Aplicarea în producție a aparatului de distribuție cu cilindri canelați și clapete mobile propuse asigură: creșterea recoltei cu 9,91 și 5,32% și respectiv uniformitatea repartizării semi<u>ntelor de-a</u> lungul rândurilor cu 16,06 și 30,50% mai înaltă față de cel standard.

Protectime Director SDE "Petricani" Membrii comissi Protector p/u știință și inovare, dr. hab., prof. univ. Șef catedră "Mecanizarea agriculturii", UASM Lector universitar Lector universitar Doctorand



Nour Ion

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Gheorghița Andrei

Semnătura:

Data:



Curriculum vitae

9

 \succ

in

INFORMAȚII PERSONALE



Andrei Gheorghita

Str. Mircești 22/2B, ap. 242, 2049 Chișinău (Republica Moldova) +37379813286

ghandrei.ag@gmail.com

http://www.linkedin.com/profile/view?id=178992157 Skype gh-andrei

Sexul Masculin | Data nașterii 19 Iun 86 | Naționalitatea moldoveană, română

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ		
1 Sept 14–Prezent	Lector universitar	
	Universitatea Agrară de Statdin Moldova, Chișinău (Republica Moldova)	
7 Feb 13–30 Apr 15	Manager de vânzări	
	SRL AGROFERMOTECH, Chișinău (Republica Moldova)	
1 Sept 11–25 Nov 11	Asistent universitar	
	Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Chișinău (Republica Moldova)	
1 Dec 09–3 Sept 12	Maistru didactic	
	State Agrarian University of Moldova, Chisinau (Republica Moldova)	
12 Aug 09–29 Sept 09	Cercetător științific	
	ÎS ITA "Mecagro", Chisinau (Republica Moldova)	
EDUCAȚIE ȘI FORMARE		
Oct 11–Prezent	Doctorand - Titlu Tezei: "Sporirea eficacității funcționării sistemului	ISCED 6
	de distribuție al semănătorii pentru culturi cerealiere"	
	Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Chișinău (Republica Moldova)	
	255.01 Tehnologii și mijloace tehnice pentru agricultură și dezvoltare rurală	
Sept 09–21 Dec 10	Master in Inginerie și Activitați Inginerești	ISCED 5
	Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Chișinău (Republica Moldova)	
Sept 04–27 lun 09	Licențiat in Inginerie și Activități Inginerești	ISCED 5
	Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Chișinău (Republica Moldova)	
28 Nov 13–29 Nov 13	Certificate of Attendance	
	Czech University of Life Sciences Prague, Prague (Cehia)	
	7th Scientific Conference of the Faculty of Tropical AgriSciences	
9 Oct 13–11 Oct 13	Certificat de participare	
	Universitatea Agrară de Stat din Moldova, Chișinău (Republica Moldova)	
	SIMPOZION ȘTIINȚIFIC INTERNAȚIONAL "Agricultura Modernă - Realizări și Perspective"	
26 Aug 13–5 Sept 13	Certificate of excelence	
	State Agrarian University of Moldova, Czech University of Life Sciences Prague, Chisinau	
	International Summer School at State Agrarian University of Moldovan "NEW ERA. NEW APPROACHES"	
21 Mar 13–22 Mar 13	Certificate of training BIEMMEDUE S.p.A., Cherasco (Italia)	
	Training programme prescribed on Diesel / Gas Fired Heaters and High Pressure Cleaners	
18 Mar 13–20 Mar 13	SERVICE TRAINING COURSE CERTIFICATE	
	LOBARDINI and KOHLER COPMPANY, Reggio Emilia (Italia)	
	Authorized to carry out repairs on the engine series: LOMBARDINI and KOHLER ENGINES	



Curriculum vitae

24 Oct 12-26 Oct 12 Certificate of training

FP7 project MOLD-ERA, Chisinau (Republica Moldova)

Marie Curie Workshop

Certificate of training

Proposal writing, Details on funding and eligibility, Financial aspects and Application procedure

Nov 10-Mar 11

State Agrarian University of Moldova, Chisinau (Republica Moldova)

continuous training courses at Psycho-Pedagogical Module

COMPETENTE PERSONALE Limba maternă Limbile străine

română								
ÎNȚELE	EGERE	VOR	SCRIERE					
Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral					
C2	C2	C2	C2	C2				
C1	C2	B2	C1	B2				

rusă engleză

Competente de comunicare

Competențe organizaționale/manageriale

Competențele digitale

Competențe dobândite la locul de muncă

C1	C2	B2	C1	В
Niveluri: A1 și A2: Utilizato	or elementar - B1 și B2: U	Jtilizator independent - C	1 și C2: Utilizator experim	entat

Cadrul european comun de referință pentru limbi străine

- 1. Abilităti bune de comunicare dobândite prin experiența mea de lector universitar, manager de vânzări, asistent universitar și master.
- 2. Bună capacitate de adaptare la mediile multiculturale, dobândite prin conferințe, instruire și experiența mea de lucru în Republica Cehă, Italia, Marea Britanie și USA.
- 3. Rezolvarea problemelor (în timpul experimentelor de doctorat)
- 4. Abilități analitice (organizarea experimentelor si prezentărilor mele de doctorat)
- 5. Concentrare pe crearea unei atmosfere calde de lucru
- 6. Bună comandă în planificarea cursului și a seminariilor
- O comandă bună în captarea datelor utilizând diferite tipuri de senzori (tenzosensor, piezosensor) 7. si procesare datelor, Bună comandă în proiectarea, testarea si implementarea mijloacelor tehnice
- 8. Abilităti de redactare, raportare și publicare

AUTOEVALUARE								
Procesarea informației	Comunicare	Creare de conținut	Securitate	Rezolvarea de probleme				
Utilizator experimentat	Utilizator experimentat	Utilizator independent	Utilizator experimentat	Utilizator experimentat				

Competentele digitale - Grilă de auto-evaluare

9. Bună comandă cu programe CAD (SolidWorks, AutoCAD, Kompas 3D, Mathcad)

10. Bună comandă cu pachetul de programe MS OFFICE

11.Bună comandă cu programe statistice (Statgraphics, Powergraph)

12.Bună comandă în programarea IOT (Arduino, Labview)

13.Bună comandă în administrarea rețelelor (Proiectare, instalare, administrare)

14.Bună comandă cu Systeme de Operare (Windows 10; Windows Server, Linux server,) Înot

Alte competențe

Permis de conducere INFORMAȚII SUPLIMENTARE Publicatii AM, A1, A2, A, B1, BE, B

Brevet de invenție de scurtă durată, nr. 989, MD, GHEORGHIȚAA. și alții. Aparat de semănat cu cilindru canelat. Cererea depusă 2015, BOPI nr. 1/2016.

GHEORGHITA, A., NOVOTNÝ ONDŘEJ, et. al., Improved design of mechanical seed drill distribution Publicații system for agricultural and energy crops. Book of abstracts, 2013, p. 31

Publicații GHEORGHITA A., SERBIN V., Influența unghiului de orientare a canelurilor asupra masei semințelor distribuite la aparatele de distribuție cu cilindru canelat. În: Știința agricolă, UASM, Chișinău, 2013, nr. 1(15), p. 108-112, 0,33 c.a. ISSN 1857-0003.

Publicații GHEORGHITA A. Optimizarea unghiului de orientare a canelurilor după masa semințelor distribuită la aparatele cu cilindri canelați. În: Lucrări științifice, UASM. Chișinău, 2013, vol. 38 (Inginerie Agrară și Transport Auto) p. 79-83, 0,2 c.a. ISBN 978-9975-64-251-4.

GHEORGHITA A. Rezultatele testării în cîmp a aparatului de distributie cu cilindri canelati Publicatii modernizati. În: Lucrări știintifice, UASM. Chisinău, 2013, vol. 38 (Inginerie Agrară si Transport Auto), p. 83-87, 0,22 c.a. ISBN 978-9975-64-251-4.

Publicatii GHEORGHITA A., SERBIN V. Параметры, определяющие полёт семян в бороздку с учётом сопротивления воздуха. În: Особенности технического оснащения современного сельскохозяйственного производства, Издательство Орел ГАУ. Орел, 2012, р. 18-22, 0,17 с.а.

Publicații GHEORGHITA, A. Improving technology of grinding of the plastic waste. Theses of the 60th scientific students conference, UASM. Chișinău, 2007, p. 73 - 74